

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CENTRO DEL PERÚ  
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA**



## **TESIS**

**ANÁLISIS DE CRITICIDAD EN SISTEMAS DE LA  
FLOTA SCOOPTRAM MEDIANTE EL MÉTODO  
JACK-KNIFE PARA MEJORAR SU DISPONIBILIDAD  
EN MINERA CONDESTABLE**

**PRESENTADO POR EL BACHILLER:**

**TOBIAS EFRAIN SANTANA BAUTISTA**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO MECÁNICO**

**HUANCAYO – PERÚ**

**2024**



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CENTRO DEL PERÚ**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA**

Av. Mariscal Castilla N° 3909-4089 El Tambo Huancayo  
 Ciudad Universitaria - Carretera Central Km. 5  
 Correo Institucional: [mecanica@uncp.edu.pe](mailto:mecanica@uncp.edu.pe)



**ACTA N° 061-2024-FIME-UNCP**

**SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO MECÁNICO**

Siendo las 9:30 horas del día 13 de diciembre del 2024, en la sala de conferencias de la Facultad de Ingeniería Mecánica, con la asistencia de los Señores Miembros del Jurado, como se detalla a continuación:

PRESIDENTE	:	Ing. Dr. TIMOTEO CAIRO HURTADO
SECRETARIO	:	Ing. Mg. JOSÉ ANTONIO TAIBE CASTRO
VOCAL	:	Ing. Mg. WILFREDO VÍCTOR MORALES SANTIVAÑEZ
VOCAL	:	Ing. Mg. NILTON JAVIER ARZAPALO MARCELO
VOCAL	:	Ing. Dr. ARTURO HUBER GAMARRA MORENO

Según Oficio N° 452-2024-DFIME-UNCP Preside la sustentación el Dr. Timoteo Cairo Hurtado.

El acto de sustentación de la tesis titulada: "ANÁLISIS DE CRITICIDAD EN SISTEMAS DE LA FLOTA SCOOPTRAM MEDIANTE EL MÉTODO JACK-KNIFE PARA MEJORAR SU DISPONIBILIDAD EN MINERA CONDESTABLE", se inicia con el saludo y apertura del proceso por parte del señor Presidente Dr. TIMOTEO CAIRO HURTADO, luego solicita al Secretario Mg. José Antonio Taibe Castro, dar lectura de la Resolución N° 298-2024-DFIME-UNCP, donde indica que el Bach. SANTANA BAUTISTA TOBIAS EFRAIN; identificado con DNI N° 72464914 cumple con los requisitos de dicha modalidad para la obtención Título Profesional y se encuentra expedito para sustentar su tesis con fines de optar el TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO MECÁNICO.

Seguidamente, el Ing. Dr. TIMOTEO CAIRO HURTADO Presidente del Jurado, invita al señor Asesor de la tesis Ing. Mg. WILFREDO VÍCTOR MORALES SANTIVAÑEZ, para la presentación respectiva.

Prosiguiendo con el acto de sustentación, el Presidente del Jurado, dispuso que la exposición oral y lectura de conclusiones y recomendaciones, por parte del sustentante, tendrá una duración promedio de 20 minutos de acuerdo a lo indicado en el Reglamento Académico vigente.

Acabada la exposición del sustentante, los Señores Miembros del Jurado, procedieron a formular las preguntas y observaciones del caso; el sustentante, procedió a la defensa de su tesis en cada caso.

Concluida la sustentación, el jurado calificador, en privado deliberó y emitió su dictamen de acuerdo al puntaje obtenido, El resultado final de la sustentación de Tesis para la obtención del Título Profesional, de conformidad a lo establecido en los Arts. 204, 205, 206, 207, 208, 209, 210 del Reglamento Académico General de la UNCP, vigente cuyo promedio es de VEINTISIETE (27) que corresponde a:

- ( ) Aprobado por unanimidad, con mención de excelencia
- (  ) Aprobado por unanimidad
- ( ) Aprobado por mayoría
- ( ) Desaprobado

Seguidamente, el Secretario invita al sustentante, pasar a la sala de conferencias de la Facultad de Ingeniería Mecánica, luego el Presidente del jurado le comunica el resultado, Y LO FELICITA

El acto de sustentación se concluye a las 10:45 horas.

Ing. Dr. TIMOTEO CAIRO HURTADO  
 PRESIDENTE

Ing. Mg. JOSÉ ANTONIO TAIBE CASTRO  
 SECRETARIO

Ing. Mg. WILFREDO VÍCTOR MORALES SANTIVAÑEZ  
 VOCAL

Ing. Mg. NILTON JAVIER ARZAPALO MARCELO  
 VOCAL

Ing. Dr. ARTURO HUBER GAMARRA MORENO  
 VOCAL

CERTIFIED  
 ISO 21001:2018





**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CENTRO DEL PERÚ**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA**

Av. Mariscal Castilla N° 3909-4089 El Tambo-Huancayo  
Ciudad Universitaria – Carretera Central Km 5 - Central Telefónica (064) 481084



**INFORME N° 034-2024-WVMS-FIME-UNCP**

A : Dr. Marcial De la Cruz Lezama  
Decano de la Facultad de Ingeniería Mecánica - UNCP

DEL : Mg. Wilfredo Víctor Morales Santivañez  
Docente Asesor de Borrador de Tesis

ASUNTO : Informe de Similitud del Turnitin de Borrador de Tesis de  
Bach. **SANTANA BAUTISTA TOBIAS EFRAIN**

REFERENCIA : MEMORANDO N° 138-2024-DFIME-UNCP.

FECHA : Huancayo, 21 de setiembre de 2024

Es muy grato dirigirme a usted, y expresarle mis más cordiales saludos; al mismo tiempo comunicar que según los documentos de la referencia mi persona ha sido asignado **ASESOR** del plan de tesis titulado: **"ANÁLISIS DE CRITICIDAD EN SISTEMAS DE LA FLOTA SCOOPTRAM MEDIANTE EL MÉTODO JACK-KNIFE PARA MEJORAR SU DISPONIBILIDAD EN MINERA CONDESTABLE"** presentado por el bachiller **SANTANA BAUTISTA TOBIAS EFRAIN**, y que luego de la revisión del borrador del trabajo de tesis presentado por el interesado, quien subsanó las observaciones realizadas por mi persona, culminándose de esta forma el trabajo de tesis, cumplo con informar que luego de haber pasado por el programa turnitin el mencionado trabajo se ha encontrado un porcentaje de similitud del 16%; así mismo, respecto a la forma se encuentra de acuerdo a lo establecido en el Reglamento Académico General de la UNCP, cumpliendo con los requisitos y parámetros establecidos.

Es todo cuanto tengo que informar para que el interesado pueda proseguir con los trámites pertinentes.

Atentamente,

  
Mg. Wilfredo Víctor Morales Santivañez  
Docente Asesor  
FIME - UNCP

C.c. Arch.

# Tesis Tobías Santana

---

## INFORME DE ORIGINALIDAD

---

16%

INDICE DE SIMILITUD

15%

FUENTES DE INTERNET

1%

PUBLICACIONES

11%

TRABAJOS DEL  
ESTUDIANTE

---

## FUENTES PRIMARIAS

---

1	Submitted to Universidad Nacional del Centro del Peru Trabajo del estudiante	4%
2	repositorio.uncp.edu.pe Fuente de Internet	2%
3	hdl.handle.net Fuente de Internet	1%
4	1library.co Fuente de Internet	1%
5	repository.udistrital.edu.co Fuente de Internet	1%
6	qdoc.tips Fuente de Internet	1%
7	www.coursehero.com Fuente de Internet	1%
8	Submitted to Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez Trabajo del estudiante	1%

---

9	Submitted to Covenant University Trabajo del estudiante	1 %
10	idoc.pub Fuente de Internet	<1 %
11	www.exxonmobil.com Fuente de Internet	<1 %
12	doczz.es Fuente de Internet	<1 %
13	renati.sunedu.gob.pe Fuente de Internet	<1 %
14	repositorio.unac.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
15	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	<1 %
16	repository.eafit.edu.co Fuente de Internet	<1 %
17	Submitted to Universidad Tecnologica del Peru Trabajo del estudiante	<1 %
18	repositorio.usm.cl Fuente de Internet	<1 %
19	alicia.concytec.gob.pe Fuente de Internet	<1 %
20	cybertesis.uni.edu.pe	

Fuente de Internet

<1 %

21

Submitted to Instituto Superior de Artes,  
Ciencias y Comunicación IACC

Trabajo del estudiante

<1 %

22

Submitted to Pontificia Universidad Catolica  
del Peru

Trabajo del estudiante

<1 %

23

[upc.aws.openrepository.com](http://upc.aws.openrepository.com)

Fuente de Internet

<1 %

24

[repositorio.uns.edu.pe](http://repositorio.uns.edu.pe)

Fuente de Internet

<1 %

25

[usermanual.wiki](http://usermanual.wiki)

Fuente de Internet

<1 %

26

[sistemamid.com](http://sistemamid.com)

Fuente de Internet

<1 %

27

Submitted to Universidad Continental

Trabajo del estudiante

<1 %

28

[issuu.com](http://issuu.com)

Fuente de Internet

<1 %

29

Submitted to Universitat Politècnica de  
València

Trabajo del estudiante

<1 %

30

[repositorio.undac.edu.pe](http://repositorio.undac.edu.pe)

Fuente de Internet

<1 %

---

Excluir citas

Apagado

Excluir coincidencias < 15 words

Excluir bibliografía

Activo

**ASESOR:**

Mg. Wilfredo Víctor Morales Santiváñez

## **DEDICATORIA**

*A Dios y a mis padres, por su inquebrantable espíritu, por su apoyo incondicional durante toda mi carrera, por ayudarme a intentar ser mejor persona cada día.*

## **AGRADECIMIENTO**

*A los Catedráticos de la Facultad de Ingeniería Mecánica de la UNCP, por la formación brindada y por ayudarme a descubrir el camino hacia la Ingeniería Mecánica.*

## RESUMEN

El presente trabajo se desarrolló en la empresa OVERPRIME MANUFACTURING SAC quien se encargaba del departamento de Planeamiento del área de Mantenimiento Mina de la COMPAÑÍA MINERA CONDESTABLE. El análisis se centra en la flota de Scooptrams con los datos del primer semestre del año 2022 frente al año 2021.

Para calcular adecuadamente los índices de gestión de mantenimiento, se muestran diagramas y gráficos estadísticos, además de ello, se describió el marco teórico de lo relacionado a mantenimiento, seguido se detalló los índices de gestión de mantenimiento de los Scooptrams, para luego mediante el diagrama de Jack-Knife a través de 4 cuadrantes (Grave/crónico, crónico, grave y leve/poco frecuente) identifiquemos la criticidad de falla, para finalmente realizar el análisis con los datos obtenidos, observándose una mejoría en los indicadores de mantenimiento, incrementando la disponibilidad física hasta en 1.12%, el MTBF en 0.1 horas y el MTTR en 1.08 horas, lo que podría aventurarnos a decir que a través de la aplicación de esta metodología mejoraríamos los indicadores de mantenimiento.

**Palabras clave:** Scooptram; Jack Knife; Disponibilidad.

## **ABSTRACT**

This work was developed in the company OVERPRIME MANUFACTURING SAC, which was in charge of the Planning department of the Mine Maintenance area of the COMPAÑÍA MINERA CONDESTABLE. The analysis focuses on the Scooptrams fleet with data from the first half of 2022 compared to 2021.

To properly calculate the maintenance management indices, statistical diagrams and graphs are shown, in addition, the theoretical framework of what is related to maintenance was described, followed by the maintenance management indices of the Scooptrams, and then through the diagram of Jack-Knife through 4 quadrants (Severe/chronic, chronic, severe and mild/infrequent) we identify the criticality of failure, to finally carry out the analysis with the data obtained, observing an improvement in the maintenance indicators, increasing the physical availability up to 1.12%, the MTBF in 0.1 hours and the MTTR in 1.08 hours, which could venture to say that through the application of this methodology we would improve the maintenance indicators.

**Keywords:** Scooptram, Jack Knife, availability.

## ÍNDICE DE TESIS

<b>ASESOR:</b> .....	<b>2</b>
<b>DEDICATORIA</b> .....	<b>3</b>
<b>AGRADECIMIENTO</b> .....	<b>4</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>5</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>6</b>
<b>ÍNDICE DE TESIS</b> .....	<b>7</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	<b>11</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....	<b>13</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>14</b>
<b>CAPITULO I</b> .....	<b>16</b>
<b>1. PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO</b> .....	<b>16</b>
<b>1.1 TEMA DE INVESTIGACIÓN</b> .....	<b>16</b>
<b>1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b> .....	<b>16</b>
<b>1.2.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA</b> .....	<b>16</b>
<b>1.3 Formulación del problema</b> .....	<b>17</b>
<b>1.3.1 Problema general</b> .....	<b>17</b>
<b>1.3.2 Problemas específicos</b> .....	<b>17</b>
<b>1.4 Objetivos de la investigación</b> .....	<b>18</b>
<b>1.4.1 Objetivo general</b> .....	<b>18</b>
<b>1.4.2 Objetivos específicos</b> .....	<b>18</b>
<b>1.5 Justificación e importancia del proyecto</b> .....	<b>18</b>
<b>1.5.1 Razones que motivan la investigación</b> .....	<b>18</b>
<b>1.5.2 Importancia del tema de investigación</b> .....	<b>18</b>
<b>1.6 Alcances y limitaciones de la investigación</b> .....	<b>19</b>
<b>CAPÍTULO II:</b> .....	<b>20</b>

<b>2. MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>20</b>
2.1 Antecedentes del estudio .....	20
2.2 Bases teóricas .....	22
2.2.1 Concepto de mantenimiento .....	22
2.2.2 Concepto de mantenibilidad .....	22
2.2.3 Objetivo del mantenimiento .....	23
2.2.4 Estructura del mantenimiento .....	23
2.2.5 Niveles de mantenimiento .....	24
2.2.5.1. Nivel 1 - Instrumental (funciones y acciones) .....	24
2.2.5.2. Nivel 2 - Operacional (acciones mentales) .....	25
2.2.5.3. Nivel 3 - Táctico (conjunto de acciones reales) .....	25
2.2.5.4. Nivel 4 - Estratégico (conjunto de funciones y acciones mentales)	25
2.2.6 Tipos de mantenimiento .....	26
2.2.6.1. Mantenimiento predictivo .....	26
2.2.6.2. Mantenimiento preventivo .....	28
2.2.6.3. Mantenimiento correctivo .....	29
2.2.6.4. Mantenimiento proactivo .....	30
2.2.7 Plan o programa de mantenimiento.....	31
2.2.8 Indicadores de disponibilidad .....	31
2.2.8.1. Disponibilidad total .....	31
2.2.8.2. Disponibilidad por averías.....	32
2.2.8.3. MTBF (Mid Time Between Failure, tiempo promedio entre fallos)	32
2.2.8.4. MTTR (Mid Time To Repair, tiempo promedio de reparación)	33
2.2.9 Indicadores de costos .....	33
2.2.9.1. Costo de la mano de obra por secciones .....	33
2.2.9.2. Proporción de costo de la mano de obra de mantenimiento	33
2.2.9.3. Costo de materiales .....	33
2.2.9.4. Costo de subcontratos .....	33
2.2.9.5. Costo de medios auxiliares .....	34
2.2.10 Ítems del trabajo de mantenimiento.....	34
2.2.10.1. Sistema de combustible .....	34
2.2.10.2. Sistema hidráulico .....	35
2.2.10.3. Sistema de admisión de aire .....	35
2.2.10.4. Sistema eléctrico.....	35

2.2.10.5.	Sistema de enfriamiento .....	36
2.2.10.6.	Niveles de aceite .....	37
2.2.11	Análisis de dispersión Jack-Knife .....	37
2.2.12	Scooptram .....	40
2.2.12.1.	Principio de funcionamiento de un Scooptram .....	42
2.3	Bases conceptuales .....	43
2.3.1	Metodología Jack-Knife .....	43
2.3.2	Disponibilidad mecánica .....	44
2.4	FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS .....	45
2.4.1	Hipótesis general .....	45
2.4.2	Operacionalización de las variables .....	45
<b>CAPÍTULO III .....</b>		<b>46</b>
<b>3.</b>	<b>METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>46</b>
3.1.	Método de investigación .....	46
3.2.	Tipo de investigación .....	46
3.3.	Nivel de investigación .....	47
3.4.	Diseño de la investigación .....	47
3.5.	Población y muestra o unidad de observación .....	47
3.6.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	47
3.7.	Procedimiento de recolección de datos .....	48
3.8.	Técnicas de procesamiento y análisis de datos .....	48
<b>CAPÍTULO IV .....</b>		<b>49</b>
<b>4.</b>	<b>APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA JACK-KNIFE EN SCOOPTRAM</b>	<b>49</b>
4.1.	ÍNDICES DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO DE LA FLOTA DE EQUIPOS SCOOPTRAM 6 YD <sup>3</sup> .....	49
4.2.	ÍNDICES DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO DE LA FLOTA DE EQUIPOS SCOOPTRAM 4 YD <sup>3</sup> .....	59
4.3.	Consumo de combustible (gl/hr) .....	67
4.4.	Neumáticos .....	68
4.4.1.	Rendimiento promedio por medida .....	68

4.4.2. Análisis de comportamiento de los equipos.....	69
4.5. Utilización de neumáticos por equipo, llantas 17.5X25 (Para Scooptram R1300) .....	70
4.5.1. Costo por hora Flota R1600.....	71
4.5.2. Costo por Flota R1300.....	71
Nota: Overprime Manufacturing S.A.C. ....	72
CAPÍTULO V.....	73
5. ANÁLISIS DE RESULTADOS DE MEDIANTE JACK-KNIFE .....	73
5.1. ANÁLISIS DE DATOS CON EL MÉTODO JACK-KNIFE .....	73
5.2. Aplicación de Mejoras mediante análisis del Diagrama de Jack-Knife, Flota 6 yd <sup>3</sup> y 4 yd <sup>3</sup> .....	78
5.3. Comparativo de indicadores de mantenimiento – Flota 6 yd <sup>3</sup> .....	80
5.4. Resultados obtenidos a través de la interpretación del Diagramas de Jack-Knife, Flota 6 yd <sup>3</sup> .....	84
5.5. Comparativo de indicadores de mantenimiento – Flota 4 yd <sup>3</sup> .....	86
5.6. Resultados obtenidos a través de la interpretación del Diagramas de Jack-Knife, Flota 4 yd <sup>3</sup> .....	90
5.7. Migración de aceite de motor del mineral 15W40 al sintético 5W40 ...	92
CONCLUSIONES .....	96
RECOMENDACIONES .....	98
REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA.....	99
ANEXOS .....	101

## ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 2.1 Unidad fundamental del mantenimiento .....	24
FIGURA 2.2 Niveles del mantenimiento bajo enfoque sistémico.....	26
FIGURA 2.3 Ejemplo de tabla de costos.....	34
FIGURA 2.4 Ejemplo de elaboración de un diagrama Jack-Knife.....	39
FIGURA 2.5 Diagrama Jack-Knife con curvas de isoindisponibilidad.....	39
FIGURA 2.6 Dimensiones típicas de un Scooptram.....	42
FIGURA 2.7 Partes del Scooptram.....	43
FIGURA 4.1 Disponibilidad Física – Utilización (Mes a mes Scooptram 6 yd <sup>3</sup> ).....	50
FIGURA 4.2 Disponibilidad Física – Utilización (Anual Scooptram 6 yd <sup>3</sup> ).....	50
FIGURA 4.3 Disponibilidad Operacional – Utilización (Mes a mes Scooptram 6 yd <sup>3</sup> ).....	51
FIGURA 4.4 Disponibilidad Operacional – Utilización (Anual Scooptram 6 yd <sup>3</sup> ).....	52
FIGURA 4.5 Disponibilidad Operacional – Utilización Transmisión (Mes a Mes Scooptram 6 yd <sup>3</sup> ).....	52
FIGURA 4.6 Disp. Operacional – Utilización Transmisión (Anual Scooptram 6 yd <sup>3</sup> ).....	53
FIGURA 4.7 Distribución de horas Programadas.....	54
FIGURA 4.8 Toneladas Movidas – Horas de Operación (mes a mes).....	55
FIGURA 4.9 Toneladas Movidas – Horas de Operación (Promedio Anual).....	55
FIGURA 4.10 MTTR – MTBF .....	56
FIGURA 4.11 MTTR – MTBF .....	57
FIGURA 4.12 Diagrama Jack Knife en Scooptram 6 yd <sup>3</sup> (Periodo diciembre 2021).....	59
FIGURA 4.13 Disponibilidad Física - Utilización (Mes a mes Scooptram 4 yd <sup>3</sup> ).....	60
FIGURA 4.14 Disponibilidad Física - Utilización (Anual - Scooptram 4 yd <sup>3</sup> ).....	61
FIGURA 4.15 Disponibilidad Operacional - Utilización (Mes a mes - Scooptram 4 yd <sup>3</sup> ).....	61
FIGURA 4.16 Disponibilidad Operacional - Utilización (Anual - Scooptram 4 yd <sup>3</sup> ).....	62
FIGURA 4.17 Distribución de horas Programadas.....	62
FIGURA 4.18 Toneladas Movidas – Horas de Operación (mes a mes).....	63
FIGURA 4.19 Toneladas Movidas – Horas de Operación (Promedio Anual).....	63
FIGURA 4.20 MTTR – TBF.....	64
FIGURA 4.21 MTTR – MTBF (Promedio anual).....	65
FIGURA 4.22 Diagrama Jack Knife en Scooptram 4 yd <sup>3</sup> (Periodo diciembre 2021).....	66
FIGURA 4.23 Consumo de combustible por hora – Scooptram.....	68
FIGURA 4.24 Desgaste de neumáticos 6 yd <sup>3</sup> (periodo diciembre 2021).....	70
FIGURA 4.25 Desgaste de neumáticos 4 yd <sup>3</sup> (periodo diciembre 2021).....	70
FIGURA 4.26 Costo/hora por equipo y por flota (Scooptram 6 yd <sup>3</sup> ).....	71
FIGURA 4.27 Costo/hora por equipo y por flota (Scooptram 4 yd <sup>3</sup> ).....	72
FIGURA 5.1 Diagrama Jack – Knife.....	76
FIGURA 5.2 Inspección de Scooptram por sistemas - Parte 1.....	79
FIGURA 5.3 Inspección de Scooptram por sistemas - Parte 2.....	80

<b>FIGURA 5.4 Disponibilidad Física Scooptram 6 yd<sup>3</sup>.....</b>	<b>81</b>
<b>FIGURA 5.5 Disponibilidad Operacional Scooptram 6 yd<sup>3</sup>.....</b>	<b>81</b>
<b>FIGURA 5.6 Distribución de horas programadas, con el promedio semestral 2022, flota Scooptram 6 yd<sup>3</sup>.....</b>	<b>82</b>
<b>FIGURA 5.7 Toneladas Movidas – Horas de Operación comparativo con el primer semestre del año 2022.....</b>	<b>83</b>
<b>FIGURA 5.8 MTTR – MTBF (Promedio anual vs promedio del primer semestre del año 2022 – flota Scooptram 6 yd<sup>3</sup>).....</b>	<b>84</b>
<b>FIGURA 5.9 Diagrama Jack Knife en Scooptram 6 yd<sup>3</sup> (Periodo Junio 2022).....</b>	<b>86</b>
<b>FIGURA 5.10 Disponibilidad Física Scooptram 4 yd<sup>3</sup>.....</b>	<b>87</b>
<b>FIGURA 5.11 Disponibilidad Operacional Scooptram 4 yd<sup>3</sup>.....</b>	<b>87</b>
<b>FIGURA 5.12 Distribución de horas programadas, con el promedio semestral 2022 flota Scooptram 4 yd<sup>3</sup>.....</b>	<b>88</b>
<b>FIGURA 5.13 Toneladas Movidas – Horas de Operación, comparativo con el primer semestre del año 2022.....</b>	<b>89</b>
<b>FIGURA 5.14 MTTR – MTBF (Promedio anual vs promedio del primer semestre del año 2022 – flota Scooptram 4 yd<sup>3</sup>) .....</b>	<b>90</b>
<b>FIGURA 5.15 Diagrama Jack Knife en Scooptram 4 yd<sup>3</sup> (Periodo Junio 2022).....</b>	<b>91</b>
<b>FIGURA 5.16 Viscosidad vs Soot del Scooptram C626 con respecto al tiempo.....</b>	<b>93</b>
<b>FIGURA 5.17 Tasa Desgaste Fe vs Soot del Scooptram R1600G C626 con respecto al tiempo.</b>	<b>94</b>
<b>FIGURA 5.18 Tasa Desgaste Fe 5w40 vs 15W40 - Scooptram C626 .....</b>	<b>94</b>
<b>FIGURA 5.19 Tasa Desgaste Pb 5w40 vs 15W40 - Scooptram C626.....</b>	<b>95</b>

## **ÍNDICE DE TABLAS**

<b>Tabla 3.1 Operacionalización de la variable de investigación .....</b>	<b>45</b>
<b>Tabla 4. 1 Número de fallas y MTTR en Scooptram R1600 (Periodo dic 2021).....</b>	<b>58</b>
<b>Tabla 4. 2 Número de fallas y MTTR en Scooptram 4yd.....</b>	<b>65</b>
<b>Tabla 4. 3 Ratio de combustible por equipo.....</b>	<b>67</b>
<b>Tabla 4. 4 Costo por hora comparativo neumáticos – CMC .....</b>	<b>69</b>
<b>Tabla 5. 1 Base De Datos Para Diagrama De Jack-Knife .....</b>	<b>74</b>
<b>Tabla 5. 2 Número de fallas y MTTR en Scooptram R1600 (Periodo Junio 2022).....</b>	<b>85</b>
<b>Tabla 5. 3 Número de fallas y MTTR en Scooptram 4yd.....</b>	<b>90</b>
<b>Tabla 5. 4 Propiedades y Beneficios del aceite sintético de Mobil 1 5W-40 .....</b>	<b>92</b>

## **INTRODUCCIÓN**

La compañía minera tiene como uno de sus objetivos el de mejorar los indicadores claves de mantenimiento, por lo que la disponibilidad de sus equipos es de vital importancia para cumplir las metas de producción establecido por el área de operaciones; para hacer esto posible es necesario realizar el análisis de criticidad en la flota de Scooptram; en ese sentido fue necesario desarrollar la presente investigación con el fin de cumplir y mejorar la disponibilidad de la flota de los Scooptrams de manera continua en la empresa.

En este caso los Scooptram han tenido disponibilidad considerablemente baja, debido a las condiciones en la que laboran en la actualidad por una gran cantidad de fallas, por lo que usualmente se esperaba a que una falla ocurriera para recién se pueda realizar el mantenimiento correctivo, incrementándose el número de paradas y afectando las programaciones de la flota restante, complicando el resultado de las proyecciones de producción.

En el capítulo I, se trata y comprende la formulación del problema, objetivos, justificación, y de los equipos Scooptram de la compañía minera Condestable.

En el capítulo II, se considera los antecedentes del estudio, la base teórica que nos permite contar con un apoyo importante dentro del estudio.

En el capítulo III, se tiene la formulación de la hipótesis, operacionalización de las

variables y la metodología de investigación, donde la presente investigación es de tipo tecnológico y nivel aplicado.

En el capítulo IV, se muestra el desarrollo del estudio, en donde se recopiló la información obtenida en campo durante el tiempo de permanencia en la compañía minera Condestable; se utilizó los reportes diarios de las maquinarias, reportes diarios de los técnicos y los informes realizados después de las intervenciones a los equipos.

En el capítulo V, se analizaron los resultados de la investigación mostrando los resultados luego de haber utilizado la metodología Jack-Knife, estos resultados de tablas y gráficos se muestran de la mejor manera los valores alcanzados.

## **CAPÍTULO I**

### **1. PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO**

#### **1.1 TEMA DE INVESTIGACIÓN**

El estudio de análisis de criticidad en sistemas de la flota de Scooptrams se ejecutó aplicando el método Jack-Knife, el cual debe ser productivo para mejorar su disponibilidad de los equipos en minera Condestable; será una oportunidad para mejorar todo el rendimiento y conservación de la flota de Scooptrams de la minera Condestable, lo que derivará en crecimiento de los diferentes indicadores en la indicada empresa minera.

#### **1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

##### **1.2.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA**

De los datos que se recolectaron en el año 2021, se observó una gran cantidad de fallas durante las actividades de mantenimiento preventivo en la flota de Scooptrams.

Durante las operaciones es común revisar los niveles de los fluidos, así como también agregar aceites para nivelarlos de ser necesario tanto en el motor y el sistema hidráulico, esto debido al tiempo de operación de la maquinaria donde se podría presentar fugas de aceite

en el motor o que tenga fugas inapreciables por los retenedores.

Otro sistema que presenta una gran cantidad de fallas es el sistema eléctrico, pues puede presentar fallas en la fuente de poder.

Algunas otras fallas más frecuentes pueden ser, mangueras rotas del sistema hidráulico, demora en el cambio de filtros, horómetros inoperativos, deficiencia en el control de horas de trabajo, teniendo como consecuencia un porcentaje elevado de mantenimientos correctivos no programados.

La mayoría de situaciones indeseadas se presentan desde hace buen tiempo, generando gastos no planificados por el requerimiento de repuestos sin programación.

Por todo ello, la ejecución de los diferentes tipos de mantenimientos correctivos se ha vuelto muy normal en la empresa, creando muchas paralizaciones considerando el riesgo en la seguridad del personal que opera el equipo pesado.

Todo esto, mayormente, es por una mala gestión del mantenimiento o porque no se realiza un adecuado análisis de fallas de criticidad de sistemas de los equipos.

### **1.3 Formulación del problema**

#### **1.3.1 Problema general**

¿Cómo realizar un análisis de criticidad en sistemas del Scooptram mediante el método Jack-Knife para mejorar su disponibilidad en Minera Condestable?

#### **1.3.2 Problemas específicos**

- a) ¿Cómo recolectar la información de las fallas correspondientes a la flota de Scooptram para realizar el análisis de criticidad?
- b) ¿De qué manera podemos aplicar el método Jack-Nife para realizarel análisis de criticidad?
- c) ¿Cómo influye las fallas potenciales y funcionales en la disponibilidad de la flota Scooptram?

## **1.4 Objetivos de la investigación**

### **1.4.1 Objetivo general**

Realizar el análisis de criticidad en sistemas del Scooptram mediante el método Jack-Knife para mejorar su disponibilidad en Minera Condestable.

### **1.4.2 Objetivos específicos**

- a) Recolectar la información de las fallas correspondientes a la flota Scooptram para realizar el análisis de criticidad.
- b) Aplicar el método Jack-Nife para realizar el análisis de criticidad.
- c) Identificar la influencia de las fallas potenciales y funcionales en la disponibilidad de la flota Scooptram.

## **1.5 Justificación e importancia del proyecto**

### **1.5.1 Razones que motivan la investigación**

La empresa minera Condestable ha registrado paradas no programadas, la cual causaba muchas disconformidades por parte del área de operaciones, así también se tienen mucha sobrecarga de trabajo en el personal de mantenimiento; ante esta situación se ha desarrollado un listado de equipos los cuales presentan gran cantidad de paradas imprevistas, estos denominados como fallas, por tanto, en muchas situaciones el ciclo de producción se ha visto paralizada generando tiempos perdidos en toda la flota de maquinaria pesada. Respecto a este panorama, la presente investigación tuvo como objetivo identificar a los activos críticos en el proceso de producción de minerales mediante el método Jack-Nife en base a los resultados, ello nos permitirá proponer estrategias de mantenimiento para las maquinarias más críticas y así reducir las paradas no programadas en bien de la producción de la empresa minera Condestable.

### **1.5.2 Importancia del tema de investigación**

La investigación muestra datos con información de vital importancia para poder tomar decisiones respecto a las estrategias de mantenimiento, para su implementación y así poder mejorar la gestión de mantenimiento en la flota de la compañía minera Condestable.

## **1.6 Alcances y limitaciones de la investigación**

El presente trabajo de investigación se ha llevado a cabo en la empresa OVERPRIME MANUFACTURING SAC, la cual es una empresa para tercerización de servicios a la compañía minera Condestable.

Las limitaciones que se presentaron en el estudio de investigación han sido en la recopilación, tratamiento y manejo de la información de la flota Scooptram de la compañía minera Condestable, por ello, se llegó a un acuerdo con los encargados para realizar el uso y análisis de los mismos.

Así mismo, no se tiene acceso a la maquinaria porque se ha terminado con vínculo laboral en la empresa OVERPRIME MANUFACTURING SAC.

## **CAPÍTULO II:**

### **2. MARCO TEÓRICO**

#### **2.1 Antecedentes del estudio**

Según Joshi Toribio (2021) en *“METODOLOGÍA DE JACK-KNIFE PARA DETERMINAR LOS NIVELES DE CRITICIDAD EN SISTEMAS DE JUMBOS LONG HOLE – UNIDAD MINERA YAULIYACU”* indica que la investigación se desarrolló en la Unidad Minera Yauliyacu, centrándose en equipos de minería Subterránea del tipo Jumbos Long Hole. Este estudio se centra en el problema del mantenimiento inadecuado en los equipos y lo analiza mediante un análisis crítico del proceso para obtener un modelo de toma de decisiones rápida basado en la confiabilidad y Mantenibilidad. Para el desarrollo de dicho análisis se utilizó la herramienta de Jack-Knife, en donde el autor realizó diagramas que permitieron analizar desde el punto de vista de la confiabilidad, debido al análisis de su frecuencia de falla y de la mantenibilidad. Producto de ello se pudieron analizar sus tiempos de reparación. Además, se pudo identificar los equipos más críticos, los cuales causan largos intervalos de tiempo de inactividad, gracias a la incorporación de las rectas de indisponibilidad.

Según Cristhian Guerra (2017) en su tesis: *“ANÁLISIS DE MODOS Y EFECTO DE FALLA EN LOS SCOOPTRAMS DE LA EMPRESA MINERA* <sub>20</sub>

*ATACOCHA*” indica que todo sistema es productivo, siempre y cuando opere bajo un mínimo de averías, y soslaye en lo posible, las paradas no planeadas del Scooptram. Dicha investigación estuvo centrada en realizar un “Análisis modal de fallos y efectos (AMFE) en los Scooptram de la Empresa Minera ATACOCHA”, esto con el fin de determinar la mejora del servicio que presta la maquinaria pasada. El indicado estudio fue realizado en un semestre, se considera una investigación del tipo descriptiva, y de diseño de campo no experimental. Dicha investigación consistió básicamente en un análisis de la situación actual de flota para determinar las fallas de los Scooptram, se definió las fallas y sus respectivos mantenimientos para mejorar su funcionamiento, donde los equipos que resultaron críticos fueron el Scooptram D-29, Scooptram D-44 y Scooptram D-46; esto se determinó midiendo el número de fallos que cada uno de estos presentaron.

Según Julio Ramírez (2017) en su tesis: *“ELABORACIÓN DE UN ANÁLISIS DE CRITICIDAD Y DISPONIBILIDAD PARA LA ATRACCIÓN X-TREME DEL PARQUE MUNDO AVENTURA, TOMANDO COMO REFERENCIA LAS NORMAS, SAE JA1011 Y SAE JA1012”*, presenta el análisis de criticidad y disponibilidad para una de las máquinas que hacen parte del Parque Mundo Aventura, tomando como referencia las normas internacionales SAE JA1011 Y SAE JA1012. La máquina en la cual se llevará a cabo este análisis es la atracción X-Treme, la cual presenta alta demanda por parte de los visitantes, debido a que hace parte del grupo de máquinas catalogadas como de alto impacto dentro de la organización. El objetivo principal de realizar este estudio se basó en clasificar adecuadamente los componentes mecánicos y eléctricos de mayor criticidad que hacen parte de la atracción, con el fin de generar planes de mantenimiento a futuro que incrementen la disponibilidad de la máquina y reduzcan el tiempo entre fallos, así como el tiempo destinado a realizar las labores de mantenimiento programado y correctivo.

Según Carlos Alberto Contreras (2016) en su tesis *“PLAN DE MANTENIMIENTO DE EQUIPOS DE MOVIMIENTO DE TIERRA POR CRITICIDAD PARA TENER MÁQUINAS DISPONIBLES EN LA MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE YAULI LA OROYA”*, enfocó el

mantenimiento mecánico de la maquinaria pesada, como los cargadores frontales de la Municipalidad Provincial de Yauli - La Oroya, involucrados en el acarreo y transporte de tierra, debido a los problemas con la disponibilidad, para ello el autor elaboró un plan de mantenimiento para la maquinaria pesada, diseñando protocolos de atención para el equipo. Se planteó la usanza del mantenimiento basado en la confiabilidad a los cargadores frontales por ser equipos de los que depende la producción.

Según Carlos Viña (2022) en su tesis titulada: *“APLICACIÓN DE JACK KNIFE Y ANÁLISIS DE CAUSA RAÍZ DE UNA FLOTA DE PALAS ELECTROMECAÑICAS MODELO CATERPILLAR 7495HR DE CAPACIDAD 120 TON”*, indica que en la Compañía Minera Antapaccay tuvieron tres palas electromecánicas de la marca Caterpillar modelo 7495HR que son considerados altamente críticos, ya que estos inician el envío del mineral hacia la planta concentradora por lo cual requiere tener una elevada disponibilidad y confiabilidad; desde el año 2016 a octubre del 2021, se obtuvo un promedio del 50% de mantenimientos no planificados, lo que en un primer plano dio un elevado riesgo de no poder llegar a la meta de objetivos de disponibilidad anual, por lo cual en la presente tesis de análisis se aplicó las herramientas de Jack- Knife y Causa Raíz con la finalidad de identificar las fallas que tienen un mayor impacto en la disponibilidad y confiabilidad.

## **2.2 Bases teóricas**

El estudio actual se fundamentó en los siguientes principios y definiciones:

### **2.2.1 Concepto de mantenimiento**

Se define como una disciplina cuyo propósito es mantener máquinas y equipos en condiciones operativas, incluido el servicio, inspección, ajuste, reemplazo, reinstalación, calibración, reparación y reconstrucción. Se basa principalmente en el desarrollo de conceptos, estándares y tecnologías requeridas para el mantenimiento, y proporciona orientación política o estándares para la gestión y decisiones de aplicación de planes de mantenimiento. (Buelvas Díaz & Martínez Figueroa, 2014)

### **2.2.2 Concepto de mantenibilidad**

Este aspecto trata básicamente sobre las características de diseño, estudio, predicción y comprobación que identifican la efectividad de mantener o la restaurar un equipo a su estado óptimo de utilización o funcionamiento. La capacidad de reparar y mantener un producto de manera efectiva se conoce también como Mantenibilidad. Existen cuatro formas de llevar a cabo el mantenimiento: (Buelvas Díaz & Martínez Figueroa, 2014)

1. Mantenimiento predictivo.
2. Mantenimiento preventivo.
3. Mantenimiento correctivo.
4. Mantenimiento proactivo.

### **2.2.3 Objetivo del mantenimiento**

El objetivo principal del mantenimiento es asegurar que las instalaciones industriales estén disponibles y funcionen de manera confiable cuando el cliente lo necesite, permitiendo una operación eficiente que cumpla con los requisitos técnicos y tecnológicos. Esto posibilita la producción de bienes o servicios que satisfagan las necesidades del cliente en términos de calidad, cantidad y tiempo, al menor costo posible, optimizando la productividad y competitividad para mejorar la rentabilidad. (Mora, 2009)

### **2.2.4 Estructura del mantenimiento**

El enfoque sistémico facilita el entendimiento del mantenimiento, al abordarlo de manera organizada y estructurada, con un orden y secuencia establecidos. Esto permite una mejor comprensión, aplicación y ejecución de las operaciones, tácticas y estrategias dentro de la empresa. (Mora, 2009)

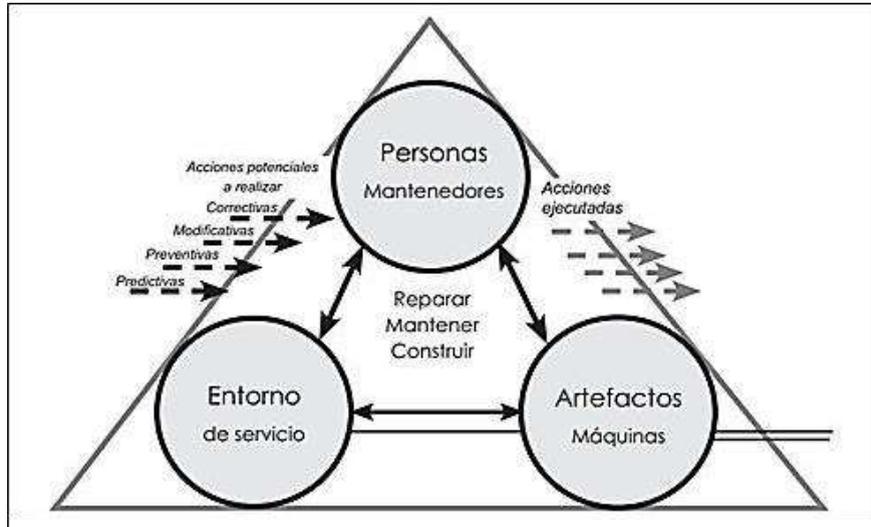
La estructura se basa en un conjunto de elementos (los mantenedores, los productores y las máquinas) que son independientes, organizados, y se relacionan entre sí formalmente, con reglas y niveles claramente identificables. (Mora, 2009)

En la figura 2.1 se puede observar la interrelación que existe entre el mantenedor, las máquinas y el tipo de servicio que se brinda, a través

de acciones y en la cual la finalidad es reparar y mantener.

**FIGURA 2.1**

**Unidad fundamental del mantenimiento**



*Nota:* Adaptado de Mora, 2009.

**2.2.5 Niveles de mantenimiento**

**2.2.5.1. Nivel 1 - Instrumental (funciones y acciones)**

El nivel instrumental engloba todos los componentes necesarios para el sistema de mantenimiento empresarial. Incluye la utilización sistemática de toda la data para el programa de mantenimiento, como registros, documentos, historial, codificación y demás datos que identifican a los equipos de mantenimiento. También se encarga de la administración y análisis estadístico de dicha información, así como de la estructura de la organización de los elementos del sistema de mantenimiento. Además, en este nivel se encuentran herramientas más avanzadas como las 5S, la mejora continua y otras herramientas técnicas específicas, como el análisis de fallas, gestión de inventarios y pronósticos. (Mora, 2009)

El nivel instrumental integra todos los recursos indispensables para un sistema de gestión y ejecución del mantenimiento, tales como datos operativos, equipos, herramientas 24

especializadas, piezas de repuesto, materiales consumibles, metodologías, registros históricos de averías y reparaciones, capital invertido, inventarios, actualizaciones tecnológicas, personal operativo, formación técnica del personal, entre otros. (Mora, 2009)

Dentro de esta categoría, se distinguen diversos tipos de herramientas: básicas, avanzadas genéricas, específicas y de naturaleza técnica. En términos generales, se abarcan tanto los componentes físicos como los intangibles que el personal requiere para ejecutar tareas específicas de mantenimiento de equipos o sistemas. (Mora, 2009)

#### **2.2.5.2. Nivel 2 - Operacional (acciones mentales)**

El nivel operativo comprende todas las actividades que el proveedor puede ejecutar para llevar a cabo el mantenimiento de los equipos, adaptándose a los requerimientos y expectativas del cliente. Estas acciones incluyen intervenciones correctivas, preventivas, predictivas, así como modificaciones técnicas. (Mora, 2009)

#### **2.2.5.3. Nivel 3 - Táctico (conjunto de acciones reales)**

El nivel táctico abarca las actividades de mantenimiento dirigidas a casos específicos, ya sea a equipos individuales o grupos de equipos. En este nivel, se ejecutan tareas de mantenimiento especializadas siguiendo normativas y procedimientos predefinidos para cumplir con objetivos determinados. Entre los enfoques implementados se incluyen metodologías como TPM (Mantenimiento Productivo Total), RCM (Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad), la integración de TPM y RCM, PMO (Optimización del Mantenimiento Preventivo), mantenimiento reactivo, proactivo, clase mundial, y RCM Scorecard, entre otros. (Mora, 2009)

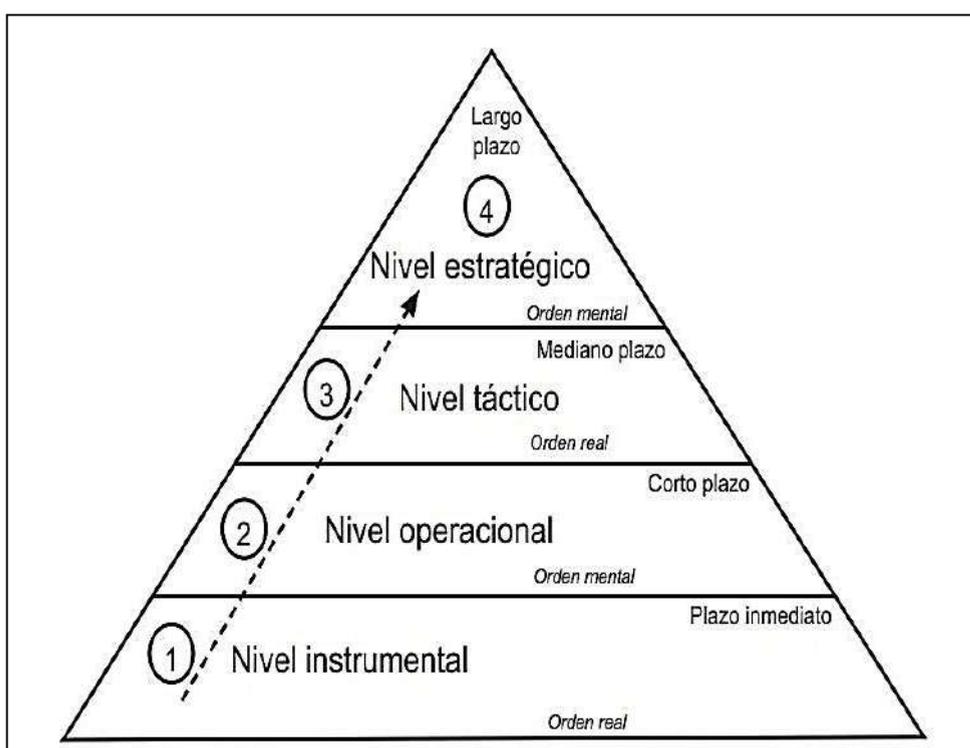
#### **2.2.5.4. Nivel 4 - Estratégico (conjunto de funciones y acciones mentales)**

El ámbito estratégico comprende los métodos empleados para 25

evaluar la efectividad de las tácticas implementadas. Ver figura 2.2. Esto implica establecer indicadores de desempeño, métricas y señales que permitan comparar casos específicos con otros de distintos sectores, tanto a nivel local, nacional como internacional. El éxito se alcanza mediante el análisis de variables clave como el costo del ciclo de vida, los costos de mantenimiento y reparación, los costos operativos, y la tecnología, entre otros factores. (Mora, 2009).

**FIGURA 2.2**

**Niveles del mantenimiento bajo enfoque sistémico**



Nota: Adaptado de Mora, 2009.

## 2.2.6 Tipos de mantenimiento

### 2.2.6.1. Mantenimiento predictivo

El mantenimiento predictivo se centra en la identificación de signos o indicadores que permitan detectar problemas antes de que se materialicen. Por ejemplo, realizar una inspección visual del desgaste de un neumático es una práctica de mantenimiento predictivo, ya que permite anticipar una falla antes de que esta

se produzca. Estas actividades incluyen inspecciones, monitoreo y chequeos, y la decisión de llevar a cabo una acción correctiva se basa en la condición observada. Por ejemplo, mediante la medición de vibraciones en un equipo, se puede determinar si es necesario reemplazarlo. Para que estas tareas sean efectivas, debe existir una condición de falla potencial claramente definida, es decir, señales evidentes que indiquen que la falla está en proceso de ocurrir. (Buelvas Díaz & Martínez Figueroa, 2014)

### **Ventajas**

- Mayor precisión en los resultados al utilizar equipos especializados y personal capacitado.
- Reducción en la necesidad de personal, lo que disminuye los costos asociados con la contratación.
- Mayor durabilidad de los repuestos, ya que las revisiones se fundamentan en datos reales en lugar de percepciones subjetivas.

### **Desventajas**

- Cada vez que se presenta un fallo, es necesario programar su reparación. Si el propietario requiere una intervención urgente, podría tener que esperar hasta la próxima ventana de mantenimiento programada, por lo que las emergencias también deben ser integradas en la planificación.
- La utilización de equipos avanzados y costosos es indispensable. Para garantizar mediciones precisas, se requieren instrumentos y dispositivos especializados de alto costo, lo que exige la identificación de las opciones de adquisición más óptimas.
- Es crucial disponer de personal altamente capacitado. Aunque el número de técnicos es reducido, deben poseer competencias técnicas avanzadas, lo que incrementa los costos de formación y puede limitar la disponibilidad de candidatos cualificados en función del área de especialización.

- La implementación del mantenimiento predictivo puede resultar costosa. Al considerar la programación de las actividades de mantenimiento, los costos acumulados por las interrupciones operativas y las inspecciones para problemas identificados inicialmente pueden resultar significativamente elevados.

#### **2.2.6.2. Mantenimiento preventivo**

El mantenimiento preventivo consiste en actividades de sustitución programadas realizadas a intervalos predefinidos, sin considerar el estado actual del componente o equipo. Estas acciones son adecuadas únicamente si se observa un patrón de desgaste característico, es decir, si la probabilidad de fallo incrementa de manera significativa una vez que se ha sobrepasado la vida útil estimada del componente. Es esencial diferenciar entre una tarea que simplemente puede llevarse a cabo y una que resulta óptima para implementar. Por ejemplo, al analizar el plan de mantenimiento para un impulsor de bomba, una tarea preventiva como el reemplazo periódico puede ser pertinente si el fallo sigue un patrón de desgaste específico (de acuerdo con el patrón B de los seis patrones de falla del RCM). No obstante, en ciertos escenarios, una tarea predictiva, basada en el monitoreo de la condición real del equipo, podría ser más adecuada debido a su menor invasividad y costo. (Buelvas Díaz & Martínez Figueroa, 2014)

#### **Ventajas y desventajas:**

- El mantenimiento predictivo ofrece una mayor eficiencia económica en comparación con el mantenimiento programado regular.
- Contribuye significativamente a la reducción del riesgo de fallos o fugas en los equipos.
- Minimiza la probabilidad de paradas no planificadas, optimizando la disponibilidad operativa.
- Facilita una planificación más precisa y un control más

efectivo del mantenimiento de los equipos.

- Requiere tanto la expertis técnica del personal de mantenimiento como la integración de las recomendaciones del fabricante.
- No proporciona una evaluación exacta del desgaste o deterioro de los componentes del equipo, limitando la precisión en la predicción de fallos.

### **2.2.6.3. Mantenimiento correctivo**

El mantenimiento correctivo se centra en solucionar problemas o averías cuando se producen. Se refiere a la reparación correctiva, que se ejecuta después de la ocurrencia de una falla que requiere la detención del equipo o instalación afectada. (Buelvas Díaz & Martínez Figueroa, 2014)

El mantenimiento correctivo se clasifica en dos tipos: El mantenimiento correctivo programado y el mantenimiento correctivo no programado. El mantenimiento correctivo no programado se realiza de manera inmediata en respuesta a una falla que interrumpe el funcionamiento del equipo o sistema, requiriendo una intervención urgente para restaurar la operatividad. En contraste, el mantenimiento correctivo programado se lleva a cabo en un momento predeterminado, cuando se dispone del personal, herramientas, información y materiales necesarios, y se programa para minimizar el impacto en la producción. La decisión de corregir una falla de manera planificada o inmediata depende de la importancia del equipo en el sistema productivo: si la avería detiene un equipo esencial, se procede con la reparación sin planificación previa; sin embargo, si el equipo o instalación puede seguir operando a pesar de la falla, la reparación se pospone hasta el momento más adecuado. (Buelvas Díaz & Martínez Figueroa, 2014)

La diferencia entre el mantenimiento correctivo programado y el mantenimiento correctivo no programado radica principalmente en su impacto en la producción. Las interrupciones inesperadas y

urgentes afectan de manera más significativa el plan de producción en comparación con aquellas en las que se dispone de tiempo para planificar y reaccionar. Así, aunque el mantenimiento correctivo no programado es indeseable desde la perspectiva de la producción, compromisos con clientes y generación de ingresos, el mantenimiento correctivo programado resulta menos perjudicial en estos aspectos al permitir una gestión más controlada y menos disruptiva. (Buelvas Díaz & Martínez Figueroa, 2014)

**Ventajas y desventajas:**

- Optimización del uso y la vida útil de los sistemas: Maximiza la eficiencia operativa y prolonga la duración de los equipos.
- Requisitos técnicos reducidos: No demanda una infraestructura técnica extensa ni una alta capacidad analítica.
- Fallos imprevistos: Los fallos surgen de manera inesperada y afectan negativamente la producción.
- Riesgo de fallas en componentes difíciles de adquirir: Aumenta la probabilidad de fallos en componentes que son difíciles de obtener.
- Calidad del mantenimiento comprometida: La falta de tiempo para realizar reparaciones adecuadas puede resultar en un mantenimiento de menor calidad.

**2.2.6.4. Mantenimiento proactivo**

El mantenimiento predictivo avanzado utiliza herramientas sofisticadas de diagnóstico para detectar posibles fallas. Es similar al mantenimiento predictivo, pero de manera más completa y con el uso de alta tecnología, como rayos X o equipo electrónico, para identificar grietas y desgaste en piezas clave que no se pueden detectar a simple vista. Aunque es muy útil para programas de mantenimiento preventivo, el alto costo de las herramientas de alta tecnología limita su uso a grandes empresas. Sin embargo, con el aumento de la producción y la reducción de precios en el futuro, podría volverse más accesible.

(Hernández Cruz, 2010)

### **2.2.7 Plan o programa de mantenimiento**

Un plan de mantenimiento preventivo tiene como objetivo preservar el estado operativo óptimo de la maquinaria, maximizando su rendimiento y minimizando los costos operativos. Aunque a menudo se limita erróneamente a la realización de inspecciones periódicas, el mantenimiento preventivo abarca una serie de actividades que incluyen la eliminación de fallos, la corrección de comportamientos anómalos, la estandarización de procedimientos, la reducción de costos operativos y la extensión de la vida útil de los activos. (Hernández Cruz, 2010)

Un plan de mantenimiento preventivo eficaz proporciona una guía detallada para cada tipo de equipo, desglosando la máquina en sus diversos sistemas y componentes. Esto implica la necesidad de disponer de una variedad de manuales técnicos y catálogos de piezas para asegurar la correcta ejecución de las actividades de mantenimiento. (Hernández Cruz, 2010)

Los registros de maquinaria deben ser mantenidos con precisión rigurosa. Cada plan de mantenimiento debe incorporar un historial continuo de todas las intervenciones mecánicas y de servicio realizadas en el equipo. Estos registros deben ser de fácil mantenimiento, comprensibles y siempre disponibles, garantizando que estén actualizados en todo momento. (Hernández Cruz, 2010)

### **2.2.8 Indicadores de disponibilidad**

#### **2.2.8.1. Disponibilidad total**

Según (Mora, 2009) la disponibilidad Total es una de las medidas más significativas de la planta. Se calcula dividiendo el número de horas que el equipo estuvo listo para producir entre el número total de horas del período:

$$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{Horas totales} - \text{Horas parada por mantenimiento}}{\text{Horas totales}} \dots (1)$$

En entornos de producción con líneas de ensamblaje, donde la parada de una máquina detiene todo el proceso, es importante calcular la 31

disponibilidad de cada línea de producción y luego obtener el promedio aritmético de estas. (Mora, 2009)

En plantas donde los equipos no están organizados en líneas, resulta práctico identificar un conjunto de equipos clave, ya que calcular la disponibilidad de todos los equipos implicaría un proceso extenso y laborioso que no necesariamente ofrecería información significativa. Es fundamental seleccionar aquellos equipos que tienen una relevancia estratégica dentro del sistema de producción, asegurando así que el análisis de disponibilidad se centre en los activos más críticos para la operación. (Mora, 2009)

Una vez que se ha determinado la disponibilidad de cada equipo importante, se debe calcular el promedio aritmético para obtener la disponibilidad general de la planta. (Mora, 2009)

$$\text{Disponibilidad total} = \frac{\sum \text{Disponibilidad de equipos significativos}}{\text{Nº de equipos significativos}} \dots (2)$$

#### **2.2.8.2. Disponibilidad por averías**

Este índice se refiere únicamente a las detenciones por fallos técnicos y a las reparaciones inesperadas, sin incluir otras paradas programadas:

$$\text{Disponibilidad por avería} = \frac{\text{Horas totales} - \text{Horas de parada por avería}}{\text{Horas totales}}$$

La disponibilidad por fallos no incluye las paradas programadas de los equipos. De manera similar a otros cálculos, es preferible determinar el promedio de la disponibilidad por fallos para obtener datos consolidados y representativos. (Mora, 2009)

#### **2.2.8.3. MTBF (Mid Time Between Failure, tiempo promedio entre fallos)**

Esto nos permite entender con qué frecuencia ocurren los fallos o problemas.

$$\text{MTBF} = \frac{\text{Nº de horas totales del periodo de tiempo analizado}}{\text{Nº de averías}}$$

**2.2.8.4. MTTR (Mid Time To Repair, tiempo promedio de reparación)** Nos permite entender la relevancia de las fallas que ocurren en un equipo, tomando en cuenta el tiempo promedio que se tarda en resolverlas:

$$MTTR = \frac{N^{\circ} \text{ de horas de paro por averías}}{N^{\circ} \text{ de averías}}$$

Al realizar un simple cálculo matemático, podemos deducir que:

$$\text{Disponibilidad por avería} = \frac{MTBF - MTTR}{MTBF}$$

## 2.2.9 Indicadores de costos

### 2.2.9.1. Costo de la mano de obra por secciones

Si la empresa tiene diferentes secciones o departamentos, es beneficioso descomponer estos gastos por cada uno de ellos. Si tienen empleados de mantenimiento permanentes, el costo será del personal asignado a cada área. Si se trata de un departamento central, el costo por áreas se determinará según las horas invertidas en cada trabajo. (Mora, 2009)

### 2.2.9.2. Proporción de costo de la mano de obra de mantenimiento

Es la relación entre el número total de horas utilizadas para el mantenimiento y el costo total de la mano de obra:

$$\text{Coste de hora medio} = \frac{N^{\circ} \text{ de horas de mantenimiento}}{\text{Costo total de la mano de obra de mantenimiento}}$$

### 2.2.9.3. Costo de materiales

Se pueden crear tantas divisiones como se considere apropiado: por áreas, por tipo (eléctrico, mecánico, consumibles, piezas de repuesto genéricas, piezas de repuesto específicas, etc.). (Mora, 2009)

### 2.2.9.4. Costo de subcontratos

También se pueden hacer las divisiones que se consideren apropiadas. Algunas divisiones comunes suelen incluir:

- Contratos con fabricantes y expertos.

- Contratos para inspecciones legales.
- Contratos con empresas de mantenimiento general.

### 2.2.9.5. Costo de medios auxiliares

Es el total de todos los recursos adicionales que fue necesario arrendar o contratar, como grúas, montacargas, alquiler de herramientas especiales, entre otros. (Mora, 2009)

Con todos los índices de costos, se puede crear una Tabla de Costos similar a la que se muestra en la Figura 2.3. Esta tabla permite ver rápidamente todos los gastos de mantenimiento de la planta, organizados por conceptos y secciones. Presentar la información de esta manera facilita la comprensión y la toma de decisiones. (Mora, 2009)

**FIGURA 2.3**

**Ejemplo de tabla de costos.**

Año XXXX						
Secciones	Mano de obra	N.º horas	Materiales	Subcontratos	Medios auxiliares	Totales
A						
B						
C						
D						
TOTALES						

*Nota:* Adaptado de Mora, 2009.

## 2.2.10 Ítems del trabajo de mantenimiento

### 2.2.10.1. Sistema de combustible

- Al terminar cada día de trabajo, se debe llenar el tanque de combustible. Esto ayuda a eliminar el aire húmedo y evita que se forme condensación. Sin embargo, no se debe llenar el tanque por completo, dado que el combustible se expande al calentarse y podría provocar derrames. (Hernández Cruz, 2010)

- Verifique el nivel de combustible utilizando la varilla de medición situada en la abertura de llenado. Evite llenar los filtros de combustible con combustible antes de su instalación, ya que el combustible contaminado podría provocar un desgaste prematuro de los componentes del sistema. (Hernández Cruz, 2010)
- Después de reemplazar los filtros de combustible, es necesario purgar y cebar adecuadamente el sistema de combustible, con el fin de eliminar las burbujas de aire que puedan estar presentes en el sistema. (Hernández Cruz, 2010)
- El agua y los materiales sedimentados en el tanque de combustible deben ser drenados al inicio de cada jornada laboral o después de haber recargado el tanque y dejarlo reposar durante 5 a 10 minutos. (Hernández Cruz, 2010)

#### **2.2.10.2. Sistema hidráulico**

- El aceite que se agrega al sistema hidráulico como compensación debe combinarse con el aceite que ya está presente en el depósito. (Hernández Cruz, 2010)
- La presencia de agua o aire puede inducir fallos en la bomba. Si se observa turbidez en el aceite hidráulico, esto podría indicar la infiltración de agua o aire en el sistema. En tal circunstancia, se debe proceder a drenar el fluido, asegurar el ajuste correcto de las abrazaderas en las líneas de succión, purgar el sistema para eliminar los contaminantes y recargarlo con fluido nuevo. (Hernández Cruz, 2010)

#### **2.2.10.3. Sistema de admisión de aire**

- El filtro principal puede ser limpiado hasta seis veces antes de necesitar su reemplazo. Sin embargo, debe ser reemplazado anualmente, independientemente del número de limpiezas realizadas. Tras la tercera limpieza del filtro principal, se debe proceder al reemplazo del filtro secundario. Cualquier filtro que esté dañado o roto debe ser descartado. (Hernández Cruz, 2010)

#### **2.2.10.4. Sistema eléctrico**

- Para arrancar la máquina, cuando se usa una fuente eléctrica externa, primero se debe apagar el interruptor general y retirar la llave antes de conectar los cables auxiliares. (Hernández Cruz, 2010)
- Cuando se usan cables de refuerzo, es importante conectarlos en paralelo: el polo positivo (+) al positivo (+) y el negativo (-) al negativo (-). Hay que evitar que los cables se toquen, ya que esto podría causar una descarga eléctrica, lo cual sería peligroso para la persona que los está manipulando. (Hernández Cruz, 2010)
- Utilice solo un voltaje igual para arranque auxiliar. El sistema eléctrico se dañará con un voltaje más alto. (Hernández Cruz, 2010)
- Verificar el nivel de los electrolitos en las baterías y el estado de los bornes. (Hernández Cruz, 2010)

#### **2.2.10.5. Sistema de enfriamiento**

- Nunca añadas refrigerante a un motor que ha sufrido sobrecalentamiento; es necesario esperar a que el motor se enfríe completamente antes de realizar la adición. (Hernández Cruz, 2010)
- El agua puede ser perjudicial a las temperaturas operativas del motor. Emplea agua limpia con bajo contenido mineral para evitar la formación de depósitos. No utilices agua tratada químicamente para su ablandamiento. Añade un inhibidor de corrosión al sistema de refrigeración para garantizar su protección. (Hernández Cruz, 2010)
- Cuando se emplean soluciones acuosas y refrigerantes de larga duración en el sistema de refrigeración, se debe drenar y reemplazar la mezcla cada 2000 horas de operación o anualmente. No obstante, si se incorpora un inhibidor de corrosión al sistema cada 500 horas de funcionamiento o

cada 3 meses, no será necesario vaciar y recargar el sistema anualmente. En este caso, el intervalo para el drenaje y reemplazo de la solución puede extenderse hasta 4000 horas de operación o cada 2 años. (Hernández Cruz, 2010).

- Realizar una inspección del estado de las correas del motor, así como del núcleo y el tapón del radiador. (Hernández Cruz, 2010)

#### **2.2.10.6. Niveles de aceite**

Los diferentes niveles del sistema incluyen:

- La transmisión
- Los mandos finales
- Los embragues direccionales
- El motor
- El sistema hidráulico
- El tándem
- La caja de círculo

#### **2.2.11 Análisis de dispersión Jack-Knife**

El análisis Jack-Knife es un método que muestra diferentes formas de falla, como componentes de equipos o sistemas completos, en un diagrama que relaciona la frecuencia de fallas (tasa de falla " $\lambda$ ") con otros indicadores de sus resultados, como el MTTR (tiempo promedio de reparación) MTBF (tiempo promedio entre fallas). (Morales, 2017).

Esta representación nos permite identificar los factores que provocan el mayor tiempo de interrupción en los procesos de un elemento, por lo que es un método ampliamente utilizado para clasificarlos según su nivel de importancia. (Morales, 2017).

El proceso de desarrollar el diagrama consta de dos pasos principales: primero, determinar la cantidad de variables que se estudiarán, que pueden ser dos o más. Luego, se deben definir las variables específicas a analizar. En el caso del análisis de criticidad de elementos para el mantenimiento, el diagrama de Jack-Knife comúnmente utilizado considera solo dos variables: la frecuencia de fallas en el eje horizontal y el tiempo promedio de reparación en el eje

vertical. Después de esto, se calcula los promedios de los datos que se representarán en el esquema para ambas variables. Utilizando estos promedios, se grafican dos líneas paralelas a los ejes X y Y, formando cuatro cuadrantes. Además, se pueden trazar curvas de igual indisponibilidad, identificando los elementos que generan una mayor indisponibilidad de lo esperado. Estas curvas se obtienen al multiplicar la frecuencia de las intervenciones o paradas mecánicas (" $\lambda$ ") y el tiempo promedio fuera de servicio o de mantenimiento en un período determinado. Estas curvas de igual indisponibilidad se pueden linealizar aplicando escalas logarítmicas, lo que facilita la elaboración e interpretación del diagrama. (Morales, 2017)

Cada tramo, ya sea curvo o recto, representa un cierto porcentaje de indisponibilidad relacionado con la falla del elemento. Se espera que los datos se acerquen principalmente a curvas o rectas que muestren una baja indisponibilidad.

A continuación, se definen las variables que se utilizarán para la elaboración:

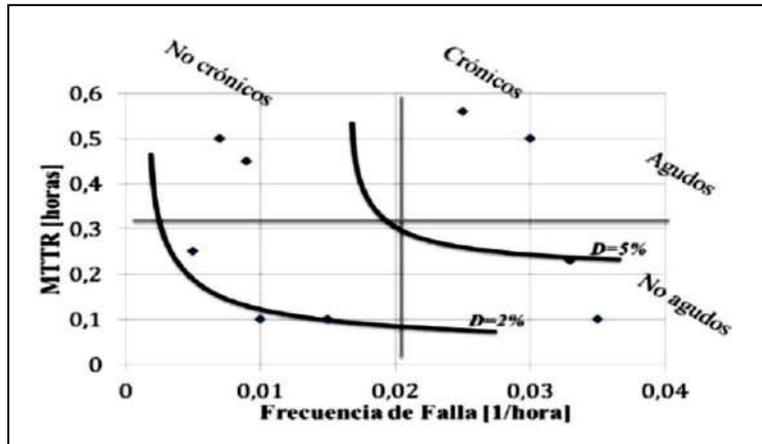
- **MTTR:** Tiempo promedio de reparación de un determinado componente, esto concierne a la media de la mantenibilidad de un componente.
- **Frecuencia de Fallas (f):** Media de fallas, comprende al modo de falla durante un determinado intervalo de tiempo [fallas/tiempo].
- **Número de Intervenciones (Nf):** Hace mención a la cantidad de veces que se requiere intervenir o realizar un mantenimiento a un equipo, frente al modo de falla.
- **MTBF (Tiempo promedio entre fallas):** Corresponde cada que intervalo de tiempo se tiene una intervención o mantenimiento del equipo, este se mide en [tiempo/falla].
- **Indisponibilidad (Di):** Es la medida del tiempo en que un elemento está operativo y preparado para su uso. Es medible como un porcentaje y se calcula multiplicando la tasa de fallos por el tiempo promedio de reparación (MTTR).
- **Total de tiempo de fallas en el sistema (Tf):** Esta viene a ser la

sumatoria total del tiempo de todas las fallas en el sistema.

Las Figuras 2.4 y 2.5 muestran los diagramas de Jack-Knife ya finalizados. La primera figura está en escala normal, mientras que la segunda utiliza una escala logarítmica para linealizar las curvas correspondientes.

**FIGURA 2.4**

Ejemplo de elaboración de un diagrama Jack-Knife.



Nota: Tomada de (Morales, 2017).

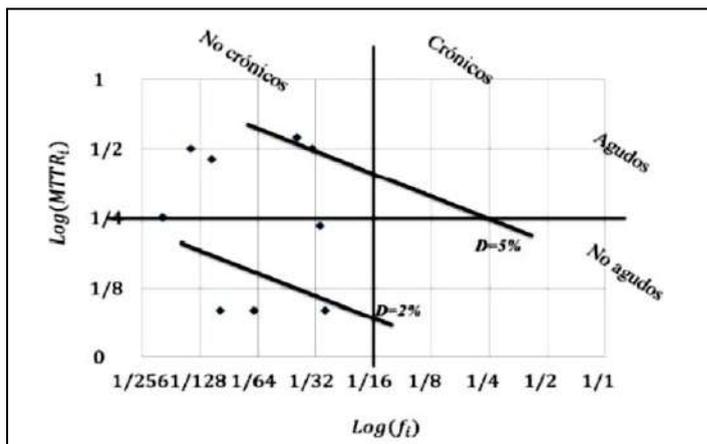
La expresión siguiente, transforma las curvas de iso-indisponibilidad en líneas rectas.:

$$\log(MTTR_i) = -\log(f_i) + \log$$

Ejemplo de elaboración de un diagrama Jack-Knife:

**FIGURA 2.5**

Diagrama Jack-Knife con curvas de isoindisponibilidad



Nota: Tomada de (Morales, 2017).

Los elementos ubicados en el primer cuadrante presentan alta frecuencia de fallos (crónicos) y un elevado tiempo de inactividad (agudos), lo que los convierte en los más críticos. En el segundo cuadrante, se encuentran los elementos con baja frecuencia de fallos (no crónicos), pero con un tiempo de intervención significativo (agudos); la criticidad de estos elementos dependerá de la importancia de dicho tiempo. El tercer cuadrante agrupa los elementos con bajo impacto en caso de fallo (no agudos) y baja frecuencia de fallos (no crónicos), que a menudo son desestimados por los analistas de mantenimiento. Finalmente, el cuarto cuadrante incluye fallas crónicas (alta frecuencia) pero de bajo impacto (baja intervención). (Morales, 2017)

Este método permite la evaluación de fallas desde la perspectiva de confiabilidad, mediante el análisis de la frecuencia de fallos, y desde la perspectiva de mantenibilidad, mediante el examen de los tiempos de reparación. Asimismo, posibilita la identificación de los equipos que contribuyen al mayor tiempo de indisponibilidad a través del uso de las curvas de indisponibilidad. (Morales, 2017)

### **2.2.12 Scooptram**

Un Scooptram es un vehículo trackless de bajo perfil y sin orugas, utilizado para transportar y cargar minerales, especialmente diseñado para trabajar en minas subterráneas o en áreas con espacio limitado. (De la Cruz, 2015)

En la minería subterránea, particularmente en la pequeña y mediana escala, los túneles se caracterizan por tener una altura y anchura reducidas, lo que impide el acceso de vehículos mineros de gran tamaño. Son pasillos estrechos, sin espacio lateral suficiente para girar 180°, de los cuales se desprenden galerías perpendiculares al eje del túnel, con cambios de dirección de 90° y radios de curvatura cortos, dificultando incluso el desplazamiento de vehículos pequeños. (De la Cruz, 2015)

Los Scooptrams están diseñados específicamente para funcionar en estas circunstancias, por lo que cuentan con las siguientes

características, (De la Cruz, 2015):

- Los Scooptram son de dimensiones pequeñas, como se puede observar en la Fig. 2.6. Son relativamente estrechos y de altura baja para poder acceder a las galerías de interior mina. Es por esto último es lo que les da el nombre de “bajo perfil”.
- Estos equipos tienen un cucharón articulado que les permite recoger y cargar una cantidad considerable de material.
- Pueden moverse con facilidad hacia atrás, lo que les permite ingresar y salir de espacios reducidos sin necesidad de girar.
- además, cuentan con ruedas neumáticas que les brindan la capacidad de desplazarse en cualquier dirección, sin estar limitados a recorridos fijos.

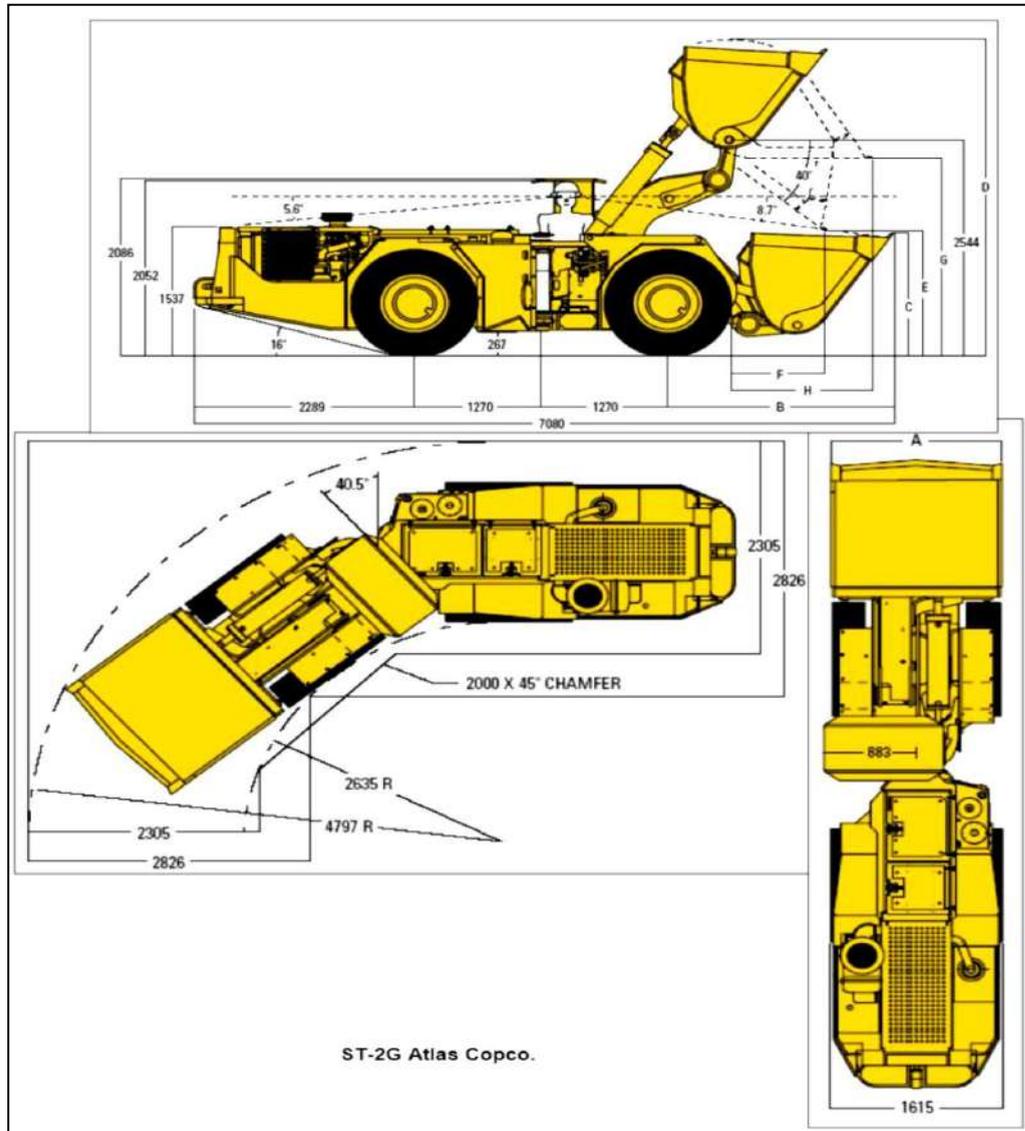
Los Scooptrams se utilizan para:

- Cargar una gran cantidad de material.
- Transportar el material a una ubicación específica.
- Descargar el material en un lugar específico o en un camión.

Los Scooptrams cumplen estas labores tanto en interior mina como en superficie. Normalmente, se utilizan para llevar el mineral extraído en las galerías subterráneas hasta la superficie. (De la Cruz, 2015)

**FIGURA 2.6**

**Dimensiones típicas de un Scooptram**



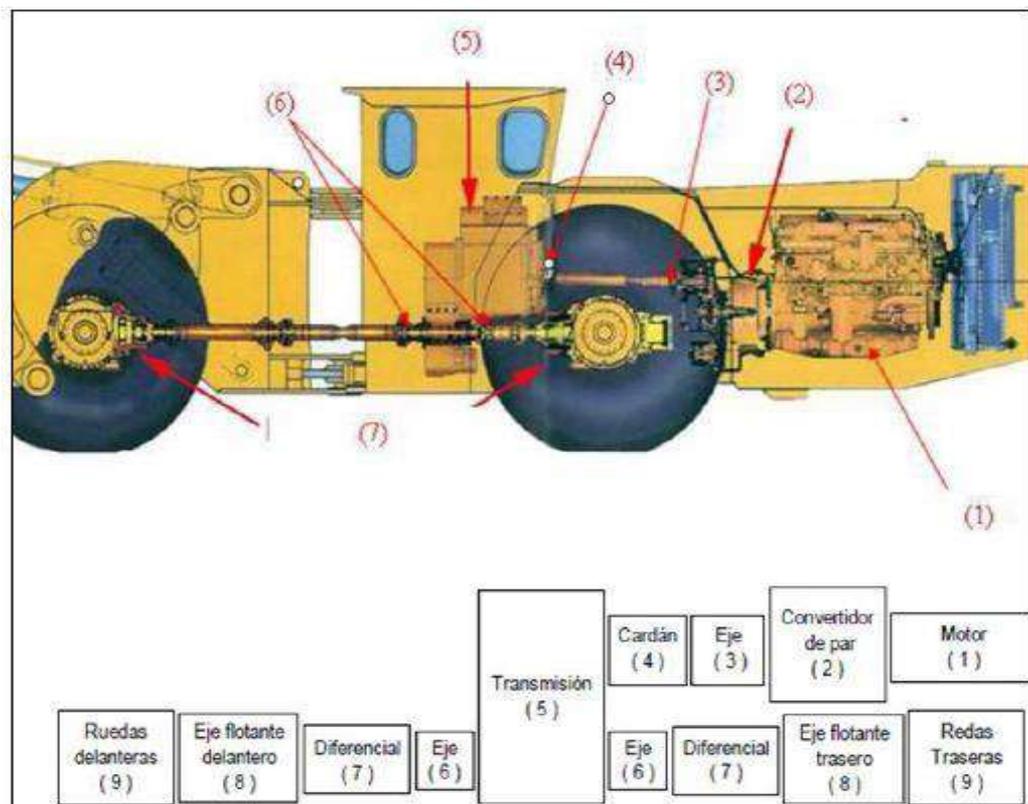
Nota: Tomada de (Molina Reyes, 2013).

### **2.2.12.1. Principio de funcionamiento de un Scooptram**

El motor diésel proporciona toda la energía al Scooptram a altas revoluciones por minuto. Su eje de salida se conecta al convertidor de par (2), donde disminuyen las revoluciones y aumenta el par en el eje de salida del convertidor (3), que transmite la potencia mediante el eje de entrada (4) hacia la transmisión (5). La transmisión (5) cuenta con seis marchas, tres hacia adelante y tres hacia atrás, esta se selecciona con un mecanismo de cambio manual. El eje de salida de la transmisión (6) transmite la potencia a través de los ejes cardánicos a 42

los dos diferenciales (7), uno delantero y uno trasero. En cada diferencial, el piñón y la corona transmiten la potencia hacia los ejes flotantes (8) y las ruedas delanteras y traseras (9). (De la Cruz, 2015).

**FIGURA 2.7**  
**Partes del Scootpram**



Nota: Tomada de (De la Cruz, 2015).

## 2.3 Bases conceptuales

### 2.3.1 Metodología Jack-Knife

“El gráfico de dispersión logarítmica, también conocido como Jack-Knife, coloca en el eje vertical, los tiempos de inactividad o tiempos fuera de servicio (TFS), estos vienen a ser una medida de mantenibilidad, así mismo coloca en el eje horizontal, los números de fallas (n) de componentes o modos de falla, esto viene a ser una medida de confiabilidad. Esta representación divide el gráfico en cuatro cuadrantes, lo que facilita la clasificación de los problemas de mantenibilidad”.

### 2.3.2 Disponibilidad mecánica

“La disponibilidad mecánica es el principal parámetro coparticipe del mantenimiento, ya que restringe la capacidad operativa del sistema y, por ende, afecta la capacidad productiva”. (Pachao, 2022)

“Si definimos disponibilidad mecánica, esta sería, la probabilidad de que una máquina u equipo cuente con una elevada performance para la producción en un lapso de tiempo específico, sin experimentar paradas inesperadas debido a fallos o averías”. (Pachao, 2022)

$D = \text{Tiempo operativo} / (\text{tiempo operativo} + \text{tiempo muerto}).$

Donde:

**Tiempo Operativo:** Es el tiempo que verdaderamente trabaja el equipo (en este caso lo medimos en días operativos).

**Tiempo muerto:** Es el tiempo en cual el equipo no trabaja (consideramos los días que no trabaja dentro de los días laborables del mes).

**D:** Disponibilidad mecánica.

“Es imperativo mencionar que se puede definir la disponibilidad a través del MTBF (tiempos promedio entre fallas) y MTTR (tiempo promedio de reparación)”. (Pachao, 2022)

Y podemos visualizarlo de la siguiente manera:

$D = \text{MTBF} / (\text{MTBF} + \text{MTTR}).$

MTBF: Tiempo promedio entre fallas.

MTTR: Tiempo promedio de reparación.

D: Disponibilidad mecánica

## 2.4 FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS

### 2.4.1 Hipótesis general

Mediante el análisis de criticidad con el método Jack Knife se mejora la disponibilidad de la flota de Scooptram en minera Condestable.

### 2.4.2 Operacionalización de las variables

Tabla 3.1

*Operacionalización de la variable de investigación*

<b>Variable Independiente:</b> Análisis de criticidad en sistemas del Scooptram mediante el Jack Knife.		
Definición	Dimensión	Medición
Un Scooptram es un cargador frontal de bajo perfil para cargar mineral en los volquetes para posteriormente llevarlos a la superficie a planta concentradora.	Fallas: Fallas Potenciales Fallas Funcionales	Método Jack Knife
<b>Variable Dependiente:</b> Disponibilidad de Scooptram		
Definición	Dimensión	Medición
El indicador disponibilidad se puede definir Globalmente, el porcentaje del tiempo total que debería tener un equipo para completar la tarea prevista.	Mantenimiento Correctivo, Mantenimiento Preventivo y Mantenimiento predictivo	Porcentaje (%)

Nota: Elaboración Propia.

## **CAPÍTULO III:**

### **3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **3.1. Método de investigación**

Es un proceso lógicamente riguroso de adquirir, organizar o sistematizar conocimientos, en sí mismo un nombre teórico, y de enseñar o presentar conocimientos.

El método es el proceso por el que deben pasar las personas al investigar y descubrir la verdad; el método nos permite así preparar un proceso de pensamiento general que se complementará con el conocimiento y llegar al análisis, descripción e interpretación de la realidad.

#### **3.2. Tipo de investigación**

El desarrollo de la presente investigación es de tipo básica.

“La Investigación básica tiene como propósito ampliar el conocimiento científico a partir de la observación del funcionamiento de los fenómenos de la realidad. Sus niveles son la descripción y explicación”.  
(Espinoza, 2014).

### 3.3. Nivel de investigación

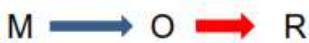
El nivel de investigación que desarrolló es investigación descriptiva.

“La investigación descriptiva tiene como propósito describir los objetos tal como están funcionando u ocurriendo, el investigador no debe influir en el funcionamiento del objeto de investigación”. (Espinoza, 2014)

El nivel de investigación a desarrollar es investigación descriptiva, en donde describiremos al Scooptram CAT R1600G.

### 3.4. Diseño de la investigación

El diseño de la investigación será descriptivo simple:



Donde:

M: Muestra u objeto en que se realizara el estudio.

O: Observación de la muestra.

R: Resultado

### 3.5. Población y muestra o unidad de observación

La unidad de observación en este proyecto de investigación serán los Scooptrams de la Compañía Minera Condestable.

### 3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

La técnica de compilación de datos sistematizó la investigación para generar nuevos conocimientos. Esta técnica comprende las siguientes actividades: estructuración de las fases del estudio, desarrollo de herramientas de medición, implementación de controles de calidad de los datos y dirección del proceso de adquisición de información. (Espinoza Montes, 2010)

Para lo cual manejaremos la técnica documental de compilación de datos.

La técnica documental permite la recopilación de evidencias, a partir de diversos tipos de documentos, incluyendo revistas, memorias, actas,

registros, datos e información estadística, así como cualquier documento proveniente de instituciones y empresas que documente su funcionamiento. (Espinoza Montes, 2010)

La técnica documental será usada para recoger información de los reportes técnicos de los operadores y mecánicos que laboran con los Scooptrams.

### **3.7. Procedimiento de recolección de datos**

Se ha solicitado el permiso correspondiente al área de operaciones para obtener la información correspondiente sobre los mantenimientos del Scooptram donde se solicitará información de parte de los operadores y mecánicos de la Compañía Minera Condestable.

### **3.8. Técnicas de procesamiento y análisis de datos**

Se utilizaron métodos estadísticos para el procesamiento y análisis de datos con soporte de Microsoft Excel.

## **CAPÍTULO IV:**

### **4. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA JACK-KNIFE EN SCOOPTRAM**

#### **4.1. ÍNDICES DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO DE LA FLOTA DE EQUIPOS SCOOPTRAM 6 YD<sup>3</sup>**

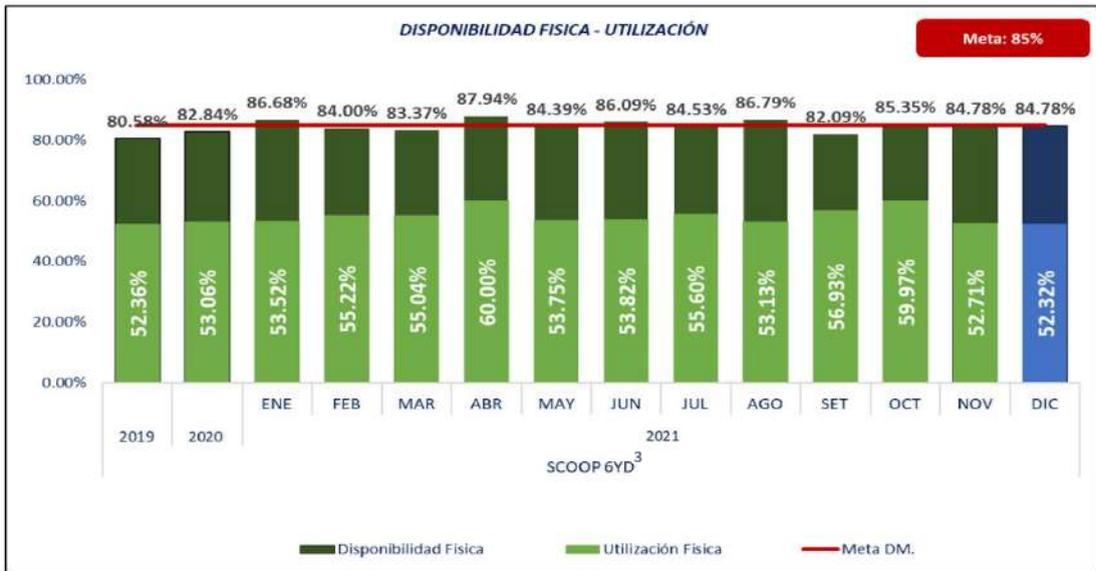
En la flota de Scooptram de 6 yd<sup>3</sup> se tiene 7 equipos, con la cual se desarrolla las operaciones y a las cuales el área de mantenimiento mina viene interviniendo, siendo los equipos a cargo: C624; C625; C626; C627; C628; C629 y C630.

En la figura 4.1. se observa los indicadores de disponibilidad física y la utilización de la flota de Scooptrams de 6 yd<sup>3</sup> y cómo fue su comportamiento a lo largo de todo el año 2021 y también se tiene como meta de disponibilidad de un 85%; si observamos los resultados se cuenta como promedio la utilización física en un 55.18% de y 85.08% de disponibilidad física, esto es considerando 24 horas operativas por día, cosa que no es real debido a que existen paradas fijas como los cambios de guardia, almuerzos, capacitaciones, repartos de guardia entre otros.

El cálculo de la disponibilidad y utilización física que se muestran en la figura 4.1 y figura 4.2. está hecha con el horómetro diésel.

**FIGURA 4.1**

**Disponibilidad Física – Utilización (Mes a mes Scooptram 6 yd<sup>3</sup>)**

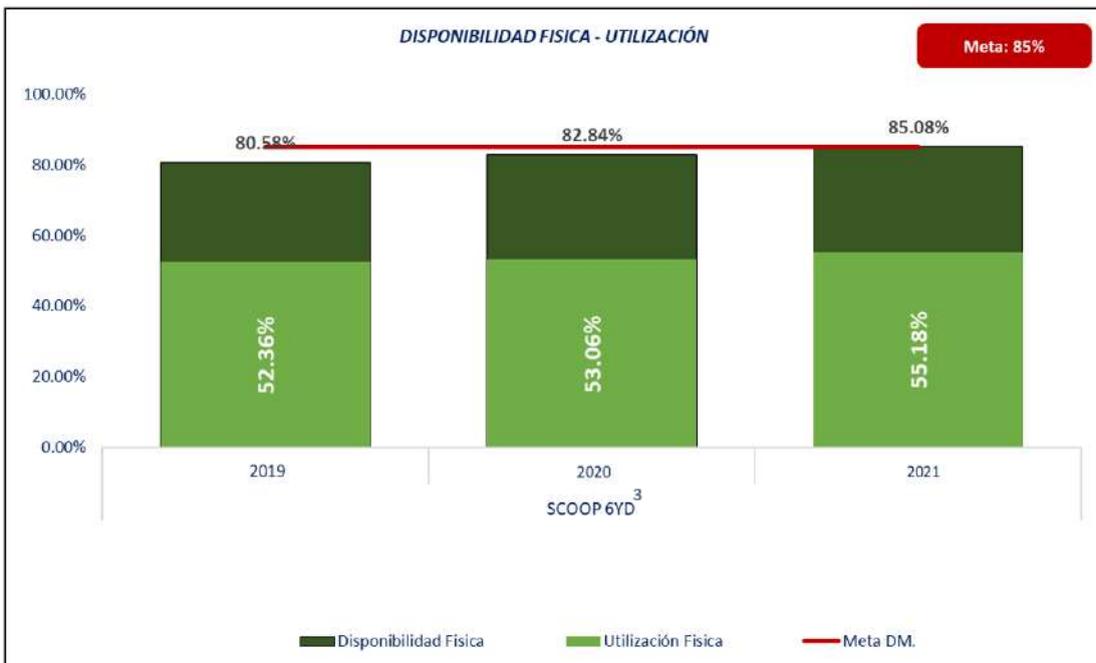


Nota: Overprime Manufacturing S.A.C.

En la figura 4.2. se observa el promedio acumulado de la disponibilidad y la utilización física, como fue la evolución de esta a lo largo de los tres años teniendo como meta de disponibilidad un 85%.

**FIGURA 4.2**

**Disponibilidad Física – Utilización (Anual Scooptram 6 yd<sup>3</sup>)**

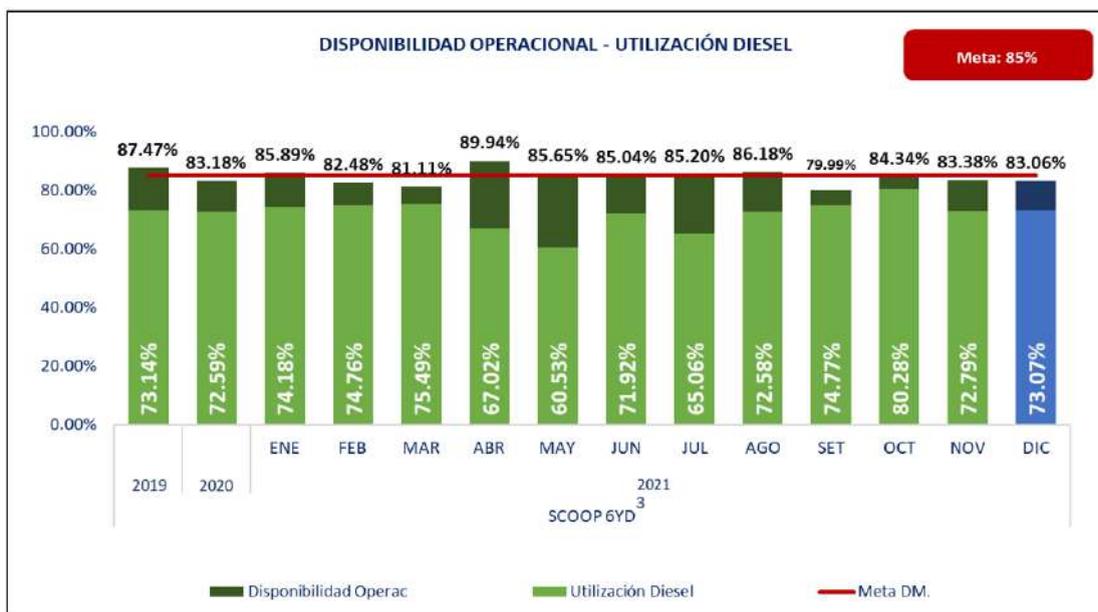


Nota: Overprime Manufacturing S.A.C.

La jefatura de Overprime Manufacturing S.A.C. a fin de tener un cálculo más real, en coordinación con la jefatura de Mantenimiento Mina de Cía. Minera Condestable, propusieron a Gerencia de Operaciones el cálculo de la disponibilidad operacional, en el cual se descontaban 4.25 horas de demoras fijas por guardia, esto para el cálculo de la disponibilidad y la utilización. A este cálculo lo llamaremos disponibilidad operacional y se muestra en la figura 4.3.

**FIGURA 4.3**

**Disponibilidad Operacional – Utilización (Mes a mes Scooptram 6 yd<sup>3</sup>)**



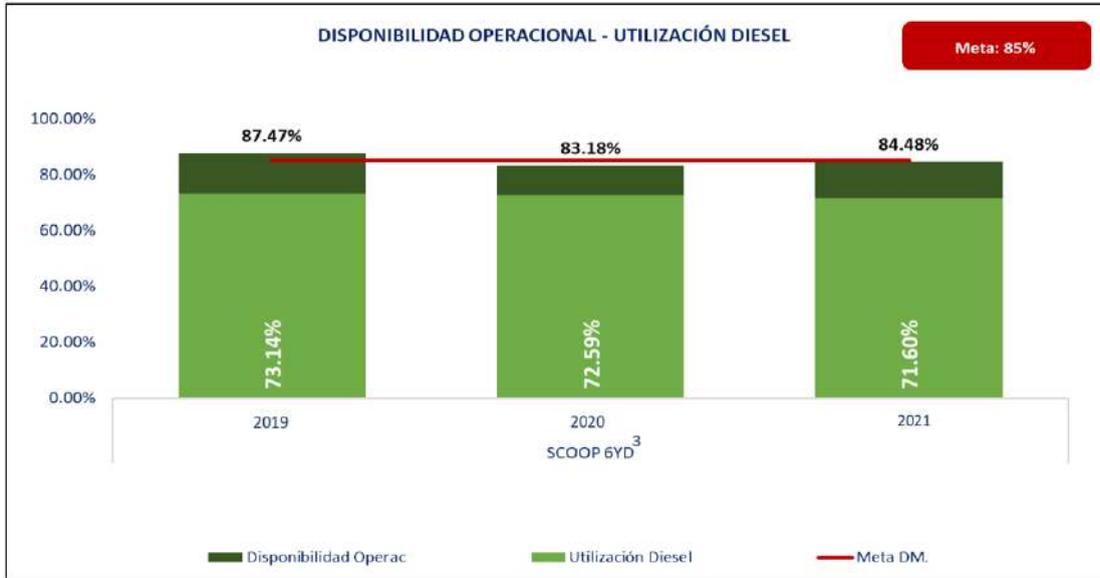
Nota: Overprime Manufacturing S.A.C.

En la figura 4.4. Se observa el promedio acumulado de la Disponibilidad Operacional y la utilización, como fue la evolución de esta a lo largo de tres años teniendo como meta de disponibilidad operacional en un 85%.

Este planteamiento de disponibilidad operacional es más real ya que los equipos no trabajan las 12 horas programadas, existen demoras fijas, en las que necesariamente el equipo estará parado sin realizar labor alguna, estas demoras fijas son de traslado de personal, charlas de seguridad, almuerzo, capacitación, reparto de guardia, inspección de equipos entre otros.

**FIGURA 4.4**

**Disponibilidad Operacional – Utilización (Anual Scooptram 6 yd<sup>3</sup>)**

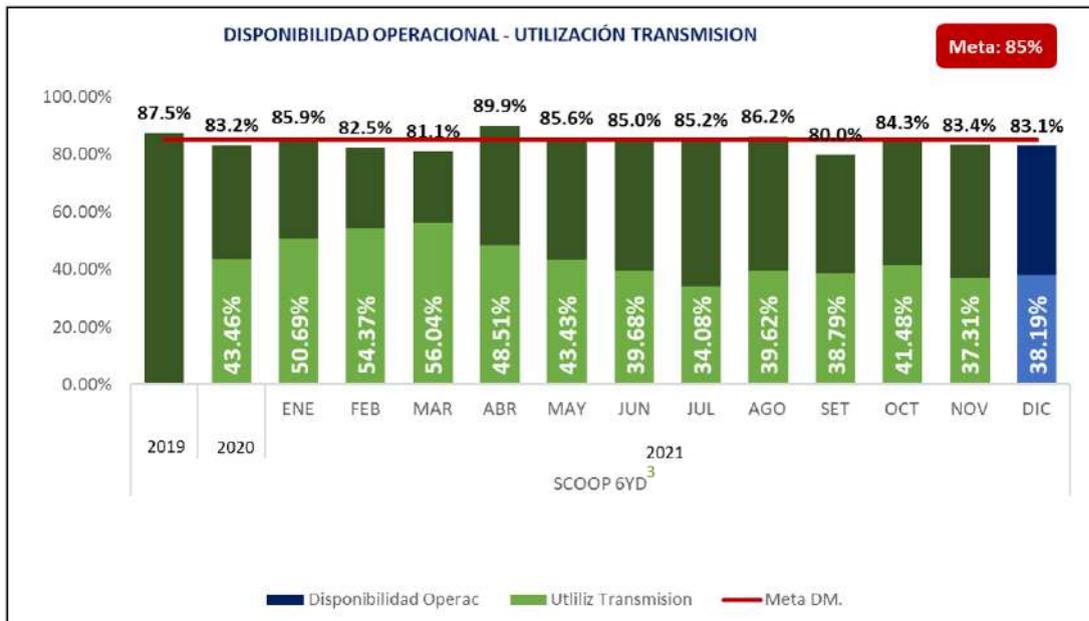


Nota: Overprime Manufacturing S.A.C.

En la figura 4.5. se observa el cálculo de la disponibilidad operacional en función al horómetro hidráulico, este horómetro fue instalado posteriormente para controlar componentes del sistema hidráulico.

**FIGURA 4.5**

**Disponibilidad Operacional – Utilización Transmisión (Mes a Mes Scooptram 6 yd<sup>3</sup>)**

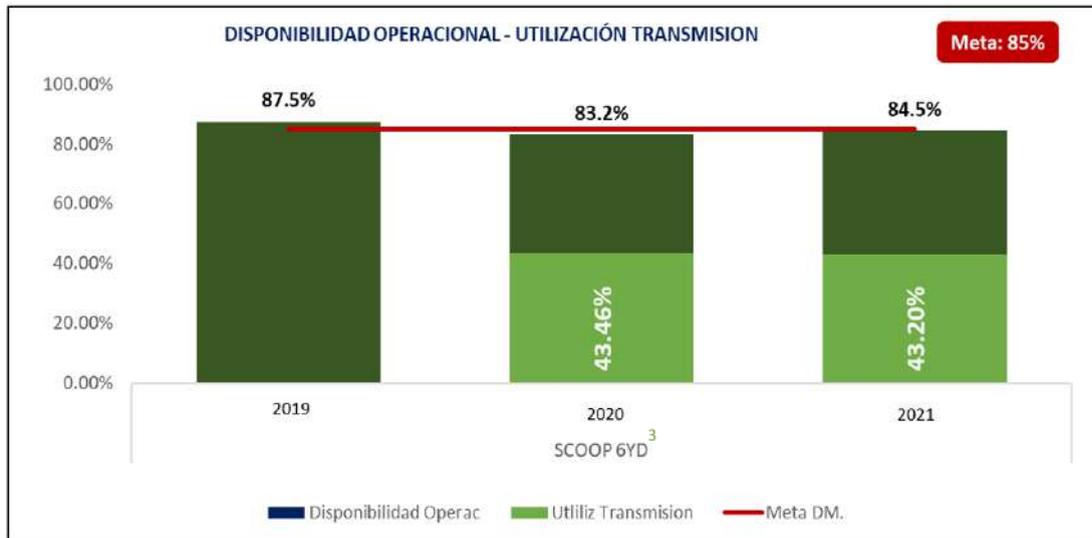


Nota: Overprime Manufacturing S.A.C.

En la figura observada a continuación tenemos el acumulado por año de la disponibilidad y la utilización operacional. Fig.4.6.

**FIGURA 4.6**

**Disp. Operacional – Utilización Transmisión (Anual Scooptram 6 yd<sup>3</sup>)**

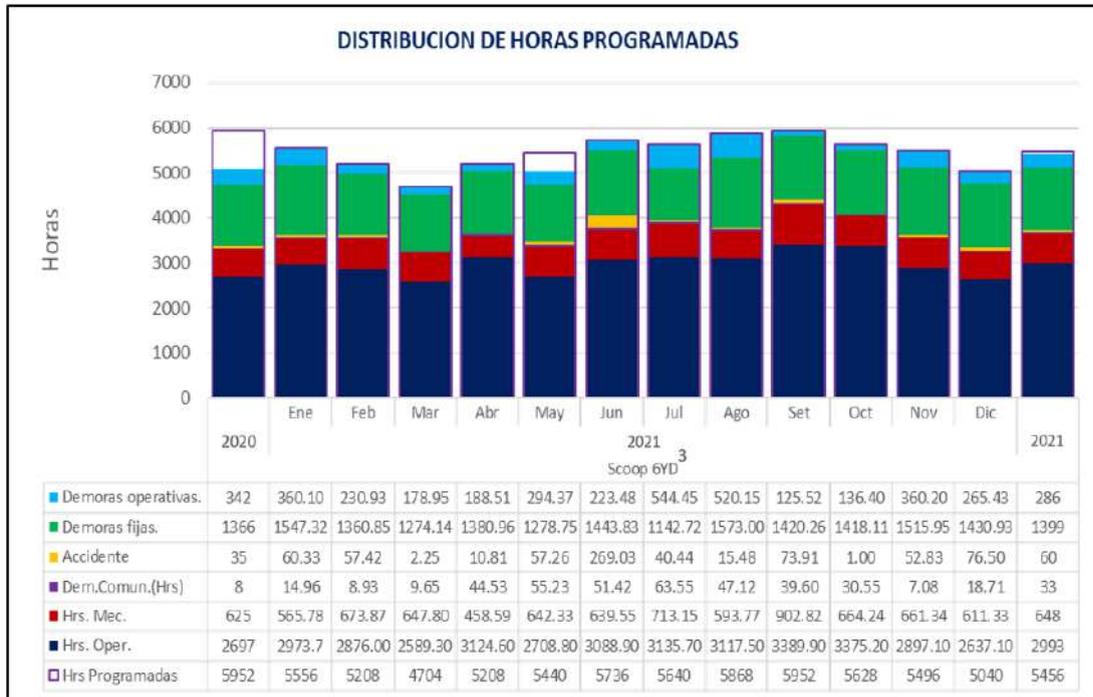


**Nota:** Overprime Manufacturing S.A.C.

En la siguiente figura (Fig. 4.7.) se observan la distribución de horas en base a los reportes de operación, estos son realizados por los operadores y entregados cada fin de guardia.

**FIGURA 4.7**

**Distribución de horas Programadas**



**Nota:** Overprime Manufacturing S.A.C.

En el siguiente cuadro observamos el ratio de toneladas acarreadas por cada hora de operación de la flota de Scooptram de 6 yd<sup>3</sup>, se observa que hay una tendencia en aumento, ver (fig. 4.8).

**FIGURA 4.8**

**Toneladas Movidas – Horas de Operación (mes a mes)**



Nota: Overprime Manufacturing S.A.C.

En la figura 4.9 se ve el promedio por año de toneladas acarreadas por hora de operación, se observa un considerable aumento, esto fue debido a que se cambió el tipo de cuchara de los Scooptram, anteriormente se usaron cucharas de 4.8 m<sup>3</sup> actualmente se usan cucharas de hasta 5.9 m<sup>3</sup>.

**FIGURA 4.9**

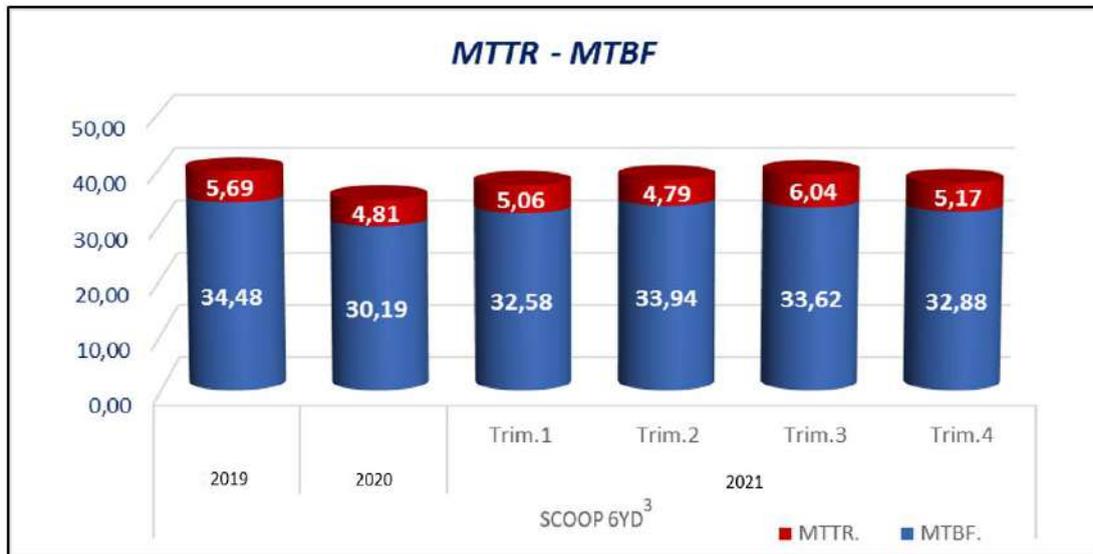
**Toneladas Movidas – Horas de Operación (Promedio Anual)**



Nota: Overprime Manufacturing S.A.C.

El tiempo promedio entre fallas (MTBF) y el tiempo promedio de reparación (MTTR), nos indican cada cuanto tiempo paran nuestros equipos por una avería, y cuánto tiempo nos lleva en solucionarlos respectivamente, en la figura 4.10. observamos el comportamiento a lo largo del 2021, y hacemos comparativos a lo largo de 4 trimestres.

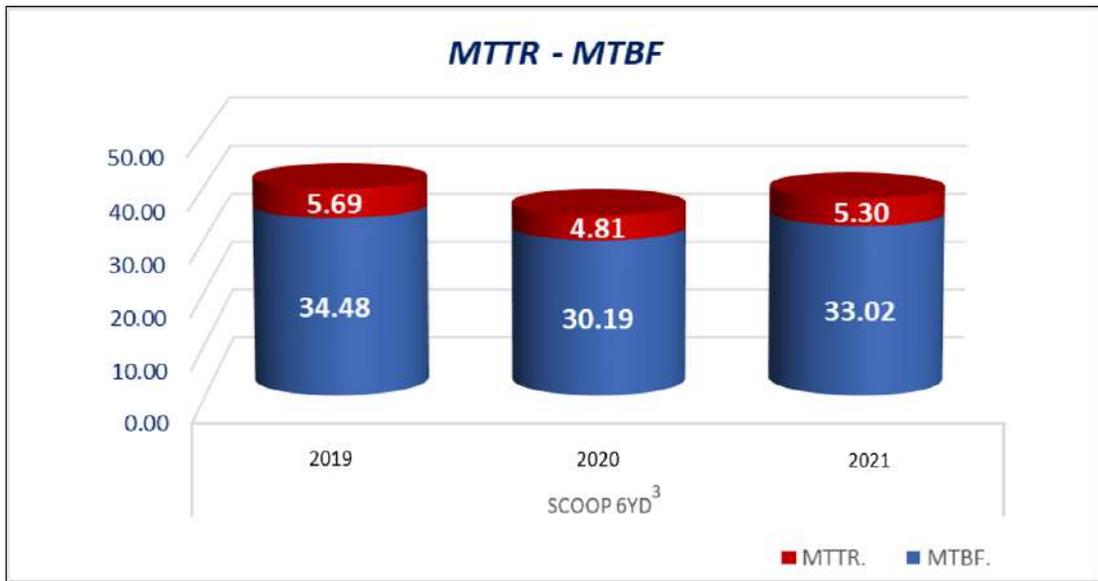
**FIGURA 4.10 MTTR – MTBF**



Nota: Overprime Manufacturing S.A.C.

Según se observa en la figura 4.11 el año 2019 se tuvo un mayor MTTR y MTBF, en el caso del MTTR es favorable, mientras que el MTBF debería aumentar, sin embargo, en nuestro caso ocurre lo contrario. Para el año 2021 el MTBF se incrementa en 2.83 con respecto al año 2020 y el MTTR aumenta en 0.49 horas.

FIGURA 4.11 MTTR – MTBF



Nota: Overprime Manufacturing S.A.C.

Para poder analizar e identificar la criticidad, usaremos el diagrama del Jack-Knife, de esta manera podremos identificar las fallas frecuentes y cual representa mayor tiempo de parada; y así, poder atacar y tener planes de contingencia referente a qué sistema o componente presenta mayor problema. En la tabla 4.1 se observa la frecuencia de falla de componente y el tiempo total que se tomó en reparar dicha falla, con estos datos obtendremos el MTTR.

**Tabla 4. 1**

*Número de fallas y MTTR en Scooptram R1600 (Periodo dic. 2021).*

Componente	Hrs de Parada	Nº de Paradas	MTTR	Límite de Paradas (Y)	Límite MTTR (X)	X*Y (Lim. Par. * Lim. MTTR)	Isodisponibilidad
Manguera hidráulica	43.42	9.00	4.82	1.98	5.09	10.06	1.117
Budisason	43.00	1.00	43.00	1.98	5.09	10.06	10.056
Llantas	42.37	12.00	3.53	1.98	5.09	10.06	0.838
Caja de transmisión	35.17	2.00	17.58	1.98	5.09	10.06	5.028
Motor diesel	33.58	4.00	8.40	1.98	5.09	10.06	2.514
Bomba hidráulica	28.75	3.00	9.58	1.98	5.09	10.06	3.352
Stick de dirección	20.58	3.00	6.86	1.98	5.09	10.06	3.352
Aire acondicionado	17.92	4.00	4.48	1.98	5.09	10.06	2.514
Cañería de levante	15.83	1.00	15.83	1.98	5.09	10.06	10.056
Pin de bucket	14.00	1.00	14.00	1.98	5.09	10.06	10.056
Enfriador de aceite	13.83	2.00	6.92	1.98	5.09	10.06	5.028
Alternador	13.00	1.00	13.00	1.98	5.09	10.06	10.056
Bomba de implementos	11.50	1.00	11.50	1.98	5.09	10.06	10.056
Control remoto	10.08	3.00	3.36	1.98	5.09	10.06	3.352
Cadena	9.48	1.00	9.48	1.98	5.09	10.06	10.056
Sistema de pesaje	9.33	4.00	2.33	1.98	5.09	10.06	2.514
Switch de parqueo	7.25	1.00	7.25	1.98	5.09	10.06	10.056
Parabrisas	5.33	2.00	2.67	1.98	5.09	10.06	5.028
Protector de cilindro	5.00	2.00	2.50	1.98	5.09	10.06	5.028
tubo de succión	4.67	1.00	4.67	1.98	5.09	10.06	10.056
Potenciómetro	4.42	1.00	4.42	1.98	5.09	10.06	10.056
Eléctrico	4.33	2.00	2.17	1.98	5.09	10.06	5.028
Pin de volteo	4.15	2.00	2.07	1.98	5.09	10.06	5.028
Harness	3.08	1.00	3.08	1.98	5.09	10.06	10.056
Bobina de arranque	3.00	1.00	3.00	1.98	5.09	10.06	10.056
Cilindro de dirección	3.00	1.00	3.00	1.98	5.09	10.06	10.056
Cable eléctrico	2.83	1.00	2.83	1.98	5.09	10.06	10.056
Bomba de pilotaje	2.75	1.00	2.75	1.98	5.09	10.06	10.056
Diferencial delantero	2.50	2.00	1.25	1.98	5.09	10.06	5.028
Bomba hidráulica	2.50	1.00	2.50	1.98	5.09	10.06	10.056
Enfriador	2.50	1.00	2.50	1.98	5.09	10.06	10.056
Cañería de volteo	1.83	1.00	1.83	1.98	5.09	10.06	10.056
Esparragos	1.50	1.00	1.50	1.98	5.09	10.06	10.056
Diferencial posterior	1.50	1.00	1.50	1.98	5.09	10.06	10.056
Batería	1.42	2.00	0.71	1.98	5.09	10.06	5.028
Valvula de dirección	1.33	1.00	1.33	1.98	5.09	10.06	10.056
Faro	1.17	1.00	1.17	1.98	5.09	10.06	10.056
Sensor de combustible	1.00	1.00	1.00	1.98	5.09	10.06	10.056
Asiento del operador	1.00	1.00	1.00	1.98	5.09	10.06	10.056
Telemando	0.83	1.00	0.83	1.98	5.09	10.06	10.056
Pedal de freno	0.67	1.00	0.67	1.98	5.09	10.06	10.056
Bloq de frenos	0.67	1.00	0.67	1.98	5.09	10.06	10.056
Bloq de dirección	0.33	1.00	0.33	1.98	5.09	10.06	10.056

Nota: Overprime Manufacturing S.A.C.

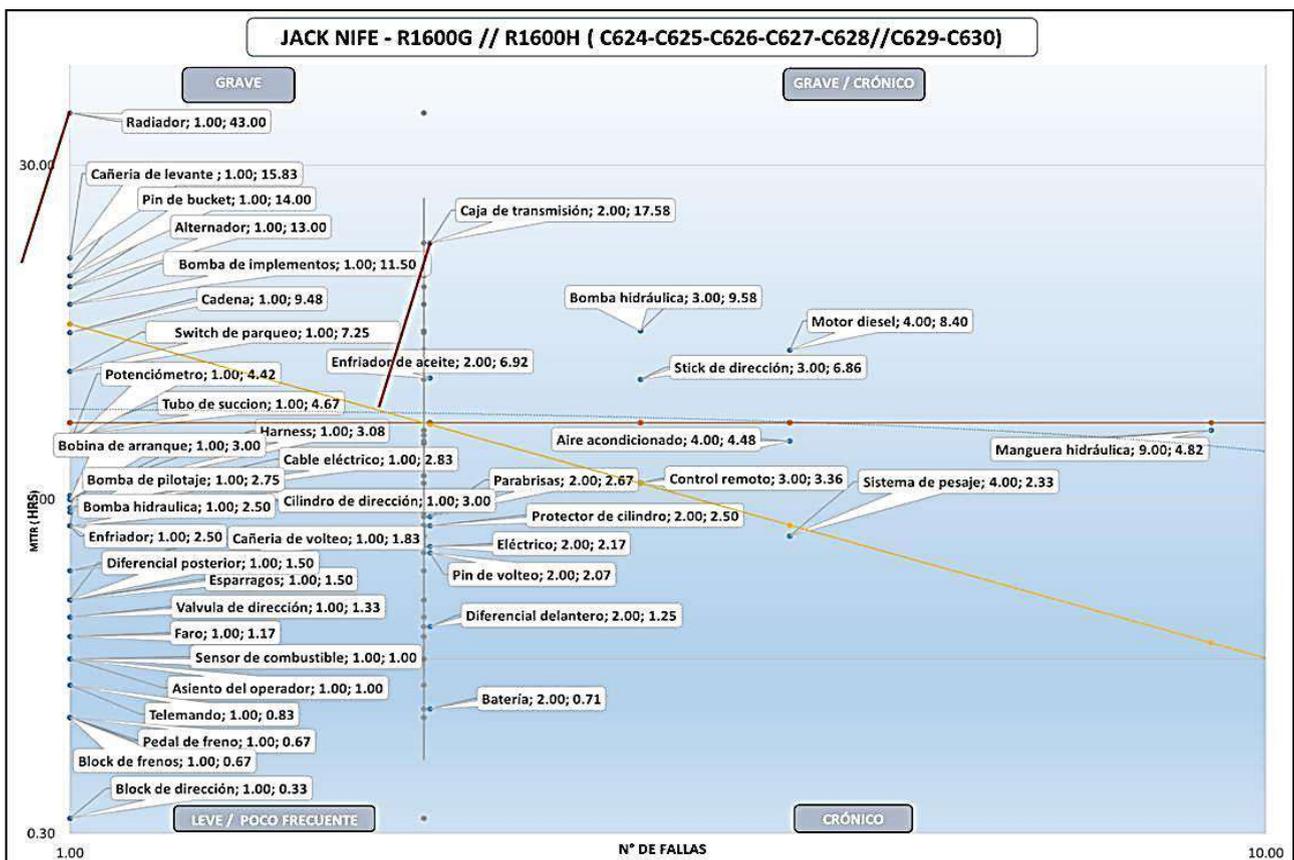
El punto más alejado y que se encuentre en cuadrante de grave/crónico, el más distante a la línea límite (naranja) es el componente más crítico y que afecta nuestra producción.

La falla que más afecta a la producción, según se observa en la figura 4.12 es el de la caja de transmisión, este componente falló dos veces y su tiempo medio de reparación fue de 17.58 horas.

El diagrama de Jack-Knife fue elaborado con los datos del periodo de diciembre, en base a esté, el departamento de planeamiento que está a cargo de Overprime Manufacturing SAC plantea medidas correctivas y tratará de mitigar estas fallas, de este modo aumentar la disponibilidad que en el año 2021 fue de 85.08% (disponibilidad física) y 84.48% (disponibilidad operacional), disminuir el MTTR (tiempo promedio de reparación) que en el año 2021 fue de 5.30 horas e incrementar el MTBF (tiempo promedio entre fallas) que en el año 2021 fue de 33.02 horas.

**FIGURA 4.12**

**Diagrama Jack Knife en Scooptram 6 yd3 (Periodo diciembre 2021)**



Nota: Overprime Manufacturing S.A.C.

#### 4.1. ÍNDICES DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO DE LA FLOTA DEEQUIPOS SCOOPTRAM 4 YD<sup>3</sup>

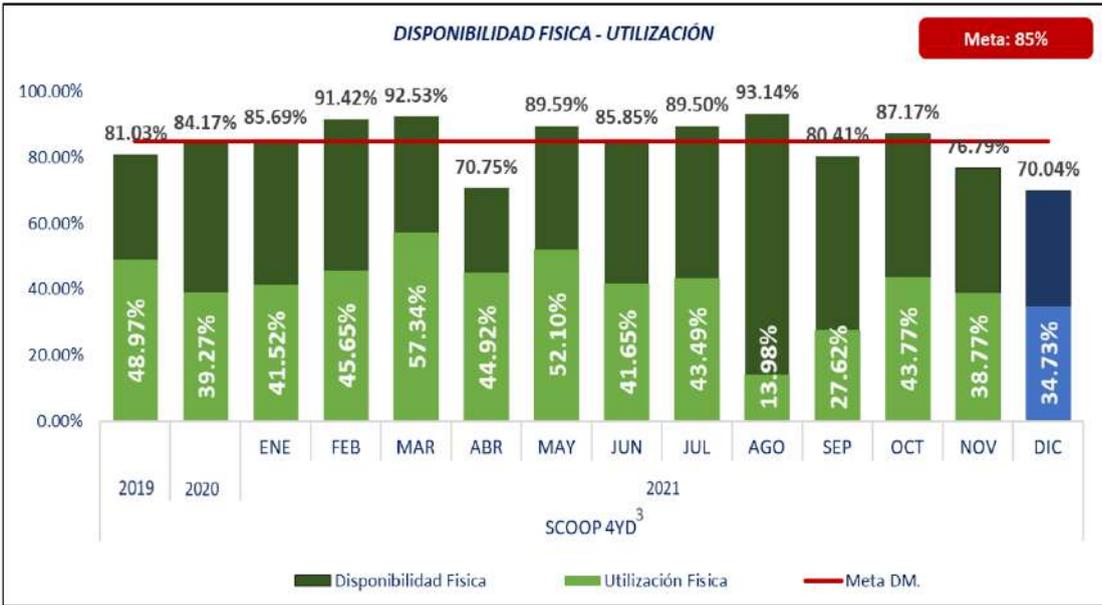
En la flota de Scooptram de 4 yd<sup>3</sup>, tenemos 2 equipos con la cual cuenta

operaciones el Scooptram C419 y el C431 este último se incorporó a la flota en octubre del 2021, además de estos dos equipos tenemos otros dos Scooptram el C413 y el C415, que se mantienen en stand by y que no ingresan al cálculo.

En la figura 4.13. observamos los indicadores: disponibilidad física y utilización de flota de Scooptram de 4 yd<sup>3</sup> y cómo fue su comportamiento a lo largo del año 2021 teniendo como meta de disponibilidad un 85%.

El cálculo de la disponibilidad y utilización física que se muestran en la figura 4.13. y figura 4.14. están hechas con el horómetro diésel.

**FIGURA 4.13**  
**Disponibilidad Física - Utilización (Mes a mes Scooptram 4 yd<sup>3</sup>)**

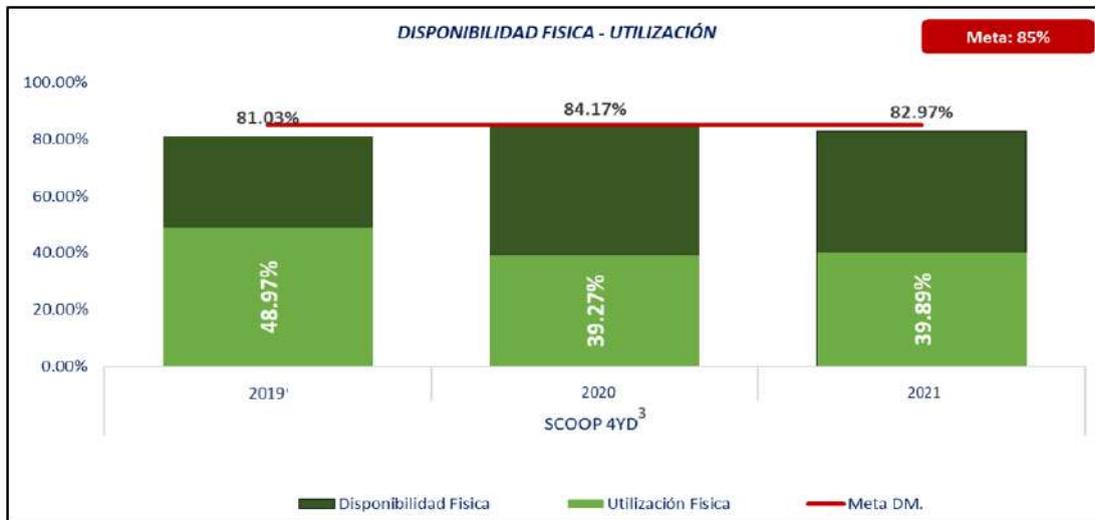


Nota: Overprime Manufacturing S.A.C.

En la figura 4.14. Se visualiza el promedio acumulado de la disponibilidad Operacional y la utilización, como fue la evolución de esta a lo largo de tres años teniendo como meta de disponibilidad operacional un 85%.

**FIGURA 4.14**

**Disponibilidad Física - Utilización (Anual - Scooptram 4 yd<sup>3</sup>)**



Nota: Overprime Manufacturing S.A.C.

Para el cálculo de la disponibilidad operacional que se muestra en la figura 4.15 al igual que en la flota de 6 yd<sup>3</sup> restaremos 4.25 horas de demoras fijas para tener unos datos más verídicos.

**FIGURA 4.15**

**Disponibilidad Operacional - Utilización (Mes a mes - Scooptram 4 yd<sup>3</sup>)**

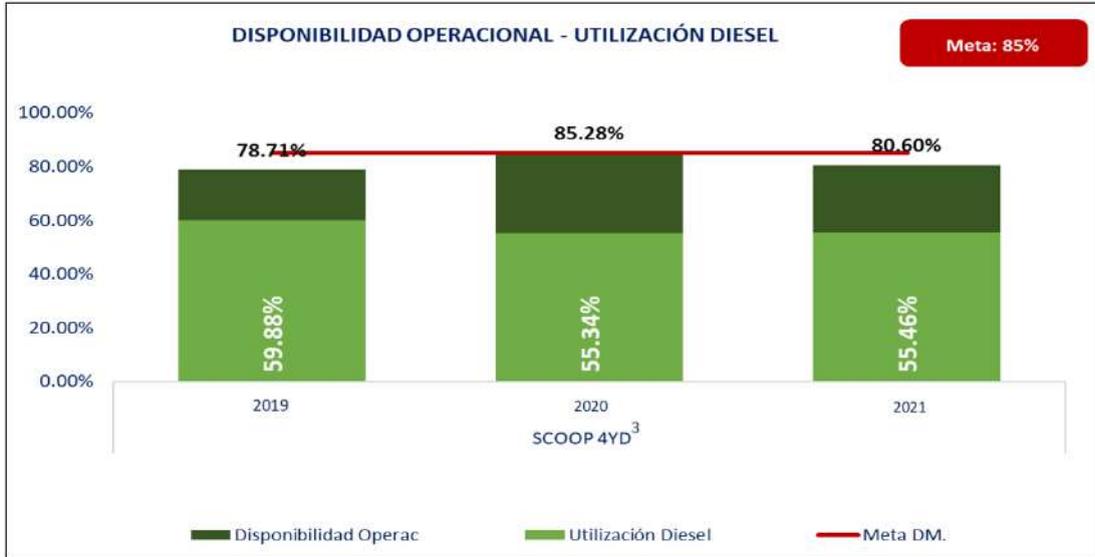


Nota: Overprime Manufacturing S.A.C.

En el gráfico que se muestra a continuación se ve el promedio de la disponibilidad y utilización operacional del año 2021, en comparación al año anterior la disponibilidad disminuyo en 4.68%. Ver figura 4.16.

FIGURA 4.16

Disponibilidad Operacional - Utilización (Anual - Scooptram 4 yd<sup>3</sup>)

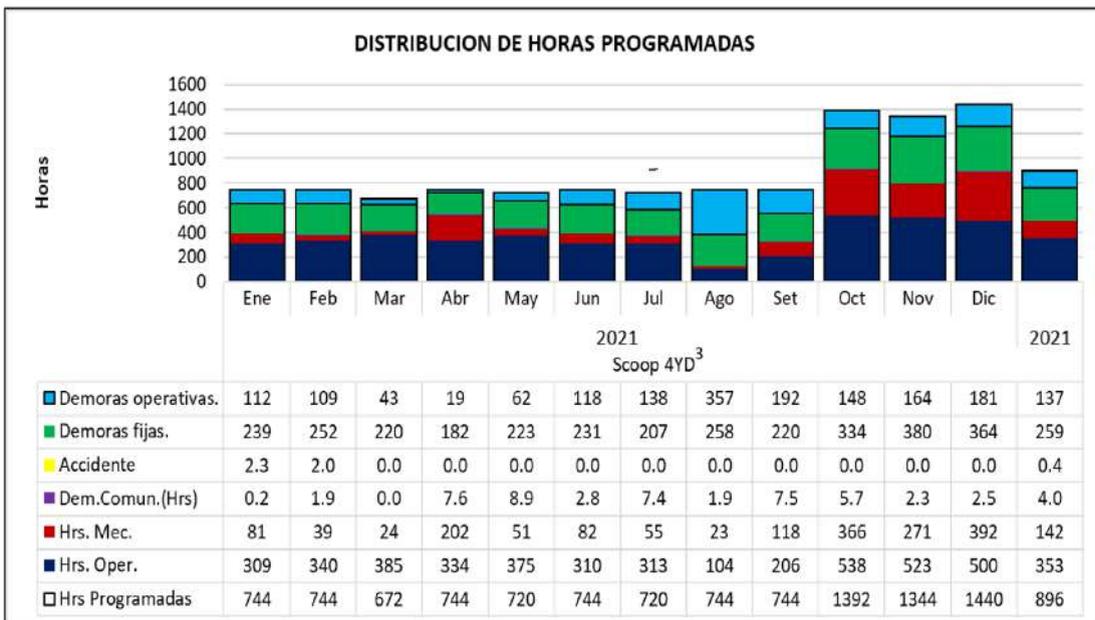


Nota: Overprime Manufacturing S.A.C.

En las horas programas se observa que en el periodo de octubre prácticamente se duplican las horas programadas (fig. 4.17), esto es debido a que en este periodo ingreso a operaciones el Scooptram C431.

FIGURA 4.17

Distribución de horas Programadas



Nota: Overprime Manufacturing S.A.C.

La figura 4.18 muestra el ratio de toneladas movidas por hora de operación, se muestra el comportamiento a lo largo del año 2021, estos no siguen ninguna tendencia debido a la utilización que les da el área de mina.

**FIGURA 4.18**

**Toneladas Movidas – Horas de Operación (mes a mes)**



Nota: Overprime Manufacturing S.A.C.

En la figura 4.19 se ve el promedio por año de toneladas acarreadas por hora de operación, comparando el año 2019 y 2020 se ve un aumento de 1.71 Tn/hr, sin embargo, este aumento no se mantuvo el año 2021, que en promedio se tuvo 54.37, habiendo un déficit de 3.66 Tn/hr respecto del año anterior.

**FIGURA 4.19**

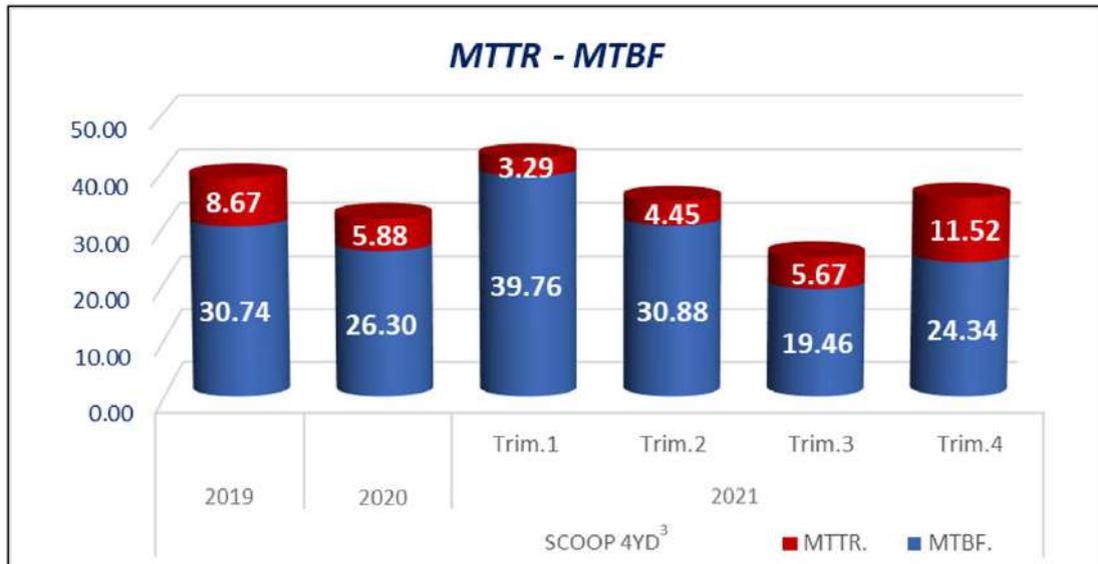
**Toneladas Movidas – Horas de Operación (Promedio Anual)**



Nota: Overprime Manufacturing S.A.C.

En la flota de Scooptram de 4yd el tiempo promedio entre fallas (MTBF) y el tiempo promedio de reparación (MTTR) no siguen una tendencia (Ver figura 4.20) como en el caso de la flota de 6 yd para visualizar mejor estos indicadores dividimos el año en 4 trimestres.

**FIGURA 4.20 MTTR – MTBF**

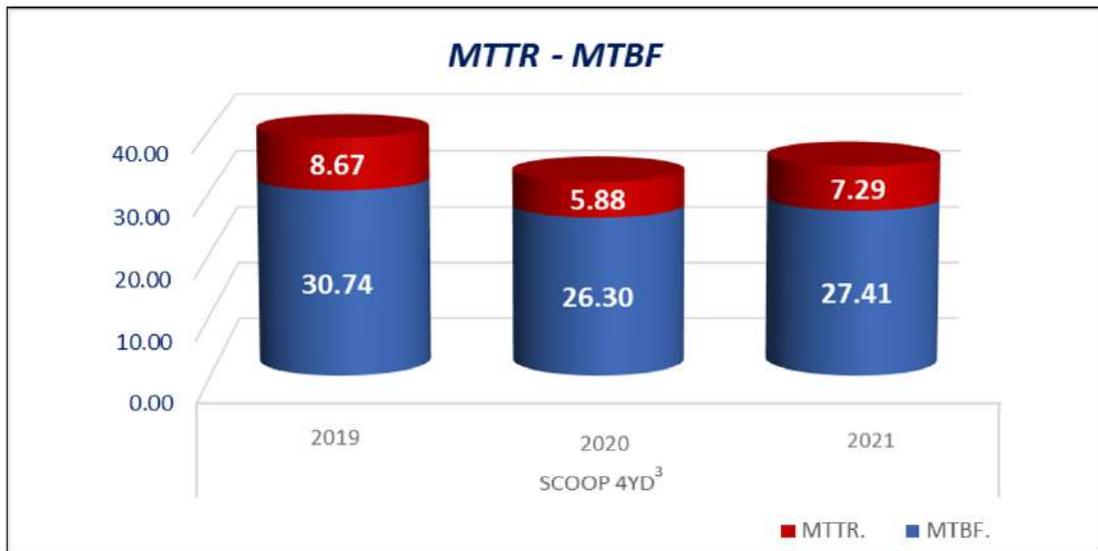


Nota: Overprime Manufacturing S.A.C.

El MTBF (tiempo promedio entre fallas) el 2021 llegó a un 27.41 horas de aumento en 1.11 horas respecto al año 2020 que tiene como promedio 26.30 horas. El MTTR (tiempo medio para reparar) aumento en 1.41 horas, siendo en el 2021, 5.88 horas y al finalizar el año 2022 tuvimos 7.29 horas lo cual nos dice, que nos toma más tiempo en solucionar una falla. (fig.4.21)

**FIGURA 4.21**

**MTTR – MTBF (Promedio anual)**



Nota: Overprime Manufacturing S.A.C.

Al igual que en la flota de 6 yd<sup>3</sup>, para poder analizar e identificar la criticidad, usaremos el diagrama del Jack-Knife, de esta manera podremos identificar las fallas frecuentes y cual representa mayor tiempo de parada y así poder menguar y tener planes de contingencia referente a que sistema o componente presenta mayor problema. En la tabla 4.2 se observa la frecuencia de falla de componente y el tiempo total que se tomó en reparar dicha falla, con estos datos obtendremos el MTTR.

**Tabla 4. 2**

**Numero de fallas y MTTR en Scooptram 4 yd<sup>3</sup>**

Componente	Hrs de Parada	Nº de Paradas	MTTR	Limite de Paradas (Y)	Limite MTTR (X)	X*Y (Lim. Par. * Lim. MTTR)	ISOindisponibilidad
Motor Diesel	326.92	6.00	54.49	1.73	19.94	34.45	5.741
Cilindro de volteo	15.17	2.00	7.58	1.73	19.94	34.45	17.223
Pin de dirección	12.75	3.00	4.25	1.73	19.94	34.45	11.482
Pedal de freno	10.67	1.00	10.67	1.73	19.94	34.45	34.447
Sensor de velocidad	4.50	1.00	4.50	1.73	19.94	34.45	34.447
Llantas	2.25	1.00	2.25	1.73	19.94	34.45	34.447
Stick de dirección	2.08	1.00	2.08	1.73	19.94	34.45	34.447
Protector de motor	1.50	1.00	1.50	1.73	19.94	34.45	34.447
Arrancador	1.08	1.00	1.08	1.73	19.94	34.45	34.447
Batería	1.00	1.00	1.00	1.73	19.94	34.45	34.447
Radiador	1.00	1.00	1.00	1.73	19.94	34.45	34.447

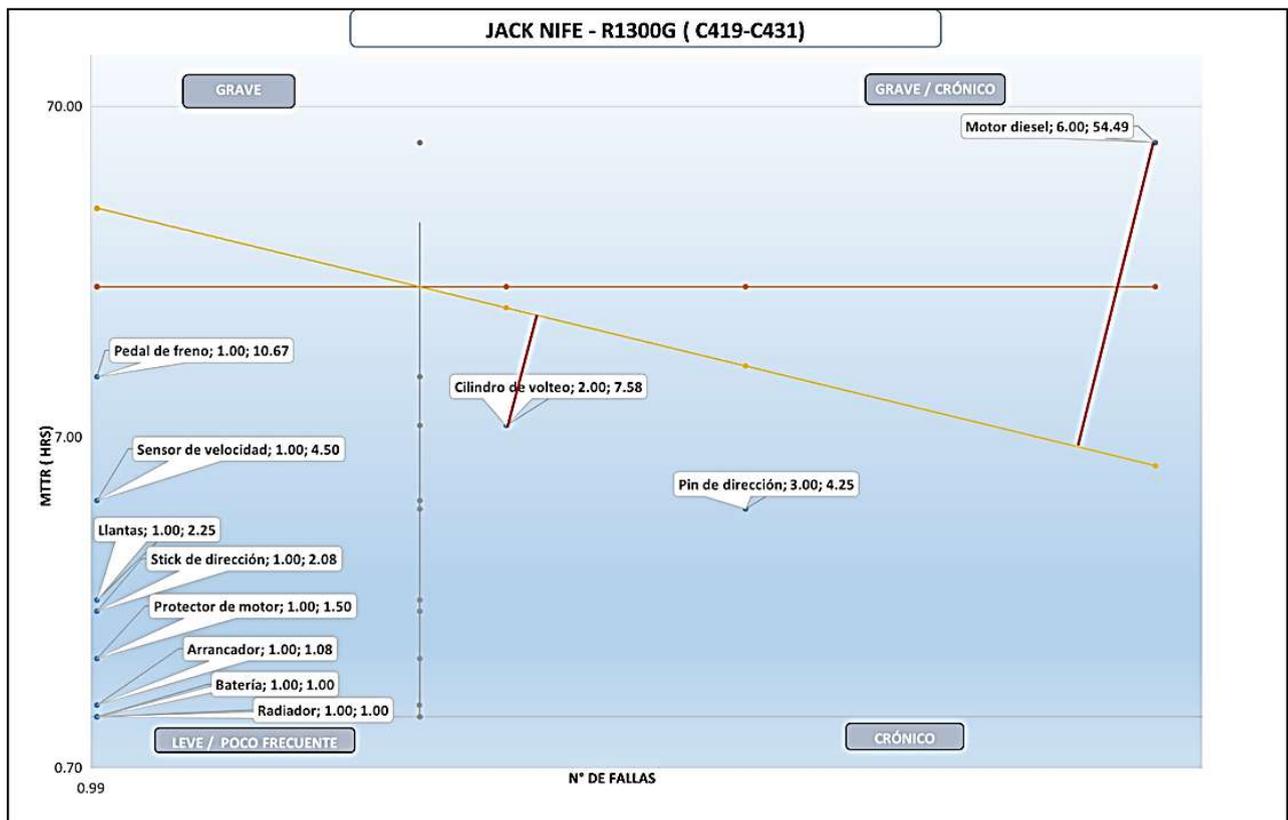
Nota: Overprime Manufacturing S.A.C.

Según lo mostrado en la tabla 4.2 realizamos el Diagrama de Jack-Knife en donde observamos que la parada más frecuente es por motor Diésel, además es la que más horas de parada presenta haciendo un total de 326.9 horas, también debemos considerar que este diagrama fue elaborado con las fallas y datos del periodo de diciembre del 2021.

En la figura 4.22 se muestra que la falla que más afecta a la producción, es la del motor Diésel. En base a este resultado, la oficina de planeamiento deberá presentar un plan de mejora para aumentar sus indicadores, el año 2021 culminó con 82.97% de disponibilidad física y con 80.60% de disponibilidad operacional, disminuir el MTTR (tiempo medio para reparar) que en el año 2021 fue de 7.29 horas e incrementar el MTBF (tiempo medio entre fallas) que en el año 2021 fue de 27.41 horas.

**FIGURA 4.22**

**Diagrama Jack Knife en Scooptram 4 yd3 (Periodo diciembre 2021).**



Nota: Overprime Manufacturing S.A.C.

## 4.2. Consumo de combustible (gl/hr)

Cuando Overprime Manufacturing SAC empezó a llevar el planeamiento en el 2016, en Cía. Minera Condestable no se tenía data para poder realizar un comparativo, a lo largo de este tiempo se pudo recabar información y tener un historial con el cual hacemos un análisis sobre el consumo de combustible, esta es la que se muestra en la tabla 4.3.

**Tabla 4. 3**

### *Ratio de combustible por equipo*

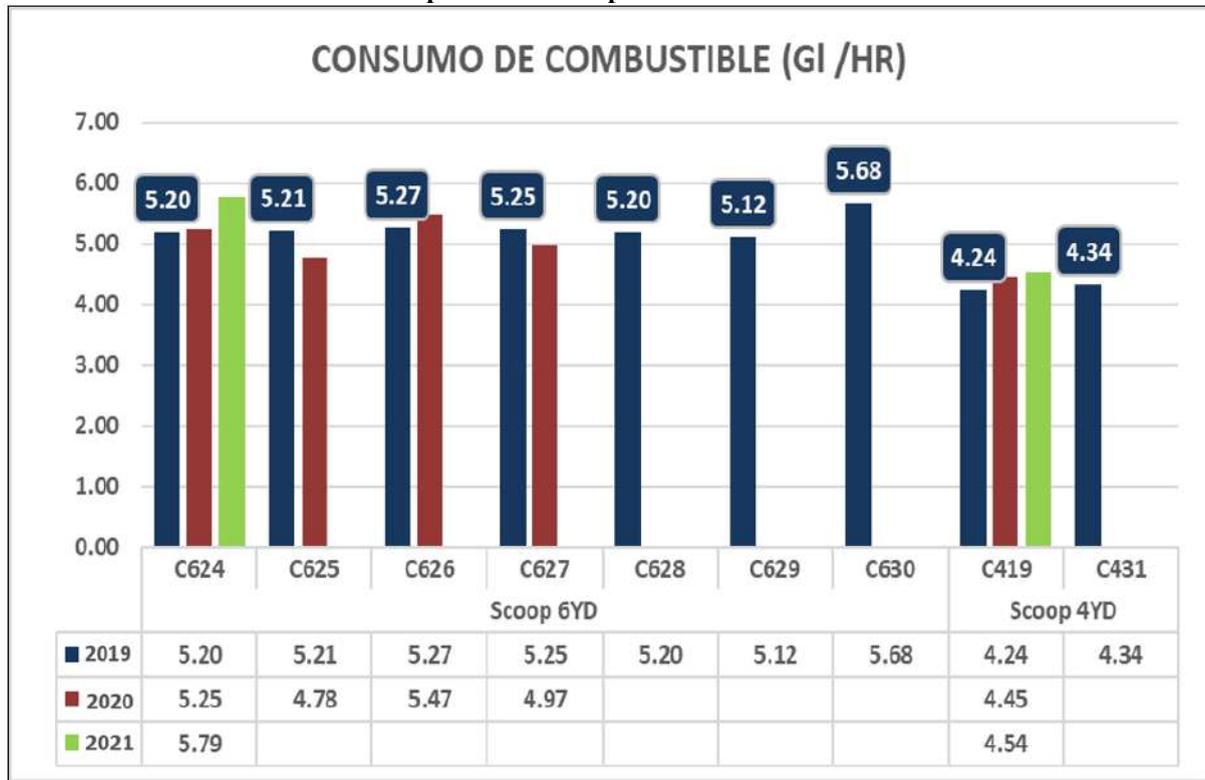
Flota.	Equipo	2019	2020	2021												
		2019	2020	Ene. 21	Feb.21	Mar.21	Abr.21	May.21	Jun.21	Jul.21	Ago.21	Set.21	Oct.21	Nov.21	Dic.21	2021
Scooptram 6YD	C624	5.79	<b>5.25</b>	5.42	4.62	5.94	4.55	5.26	5.73	5.64	5.30	5.12	5.33	4.94	4.58	<b>5.20</b>
Scooptram 6YD	C625		<b>4.78</b>	4.66	4.77	5.67	4.81	4.80	6.89	5.78	5.12	5.06	5.07	4.70	5.18	<b>5.21</b>
Scooptram 6YD	C626		<b>5.47</b>	5.46	4.51	6.04	5.48	5.26	7.08	5.10	5.16	5.62	4.49	4.29	4.75	<b>5.27</b>
Scooptram 6YD	C627		<b>4.97</b>	4.99	4.24	5.66	4.88	5.17	6.02	5.83	5.02	5.64	5.21	5.03	5.31	<b>5.25</b>
Scooptram 6YD	C628			5.71	4.69	5.27	4.51	4.50	5.63	5.74	5.56	5.62	5.12	5.21	4.87	<b>5.20</b>
Scooptram 6YD	C629									3.65	5.39	5.61	5.05	5.29	5.72	<b>5.12</b>
Scooptram 6YD	C630									6.13	5.26	6.11	5.99	5.12	5.44	<b>5.68</b>
Scooptram 4YD	C419	4.54	<b>4.45</b>	4.25	3.64	4.07	3.83	4.43	5.73	4.40	4.35	4.17	3.83	3.76	4.43	<b>4.24</b>
Scooptram 4YD	C431												4.06	4.49	4.48	<b>4.34</b>

Nota: Overprime Manufacturing S.A.C.

El ratio de consumo de combustible se observa en la figura 4.23. siendo en la flota de 6 yd<sup>3</sup> el equipo que más consume es el Scooptram C630, con 5.68gl/hr, el promedio por flota es de 5.28 gl/hr mientras que en la flota de 4 yd<sup>3</sup> el equipo que más combustible consume es el Scooptram C431 con un 4.34gl/hr, mientras que el consumo promedio es de 4.29 gl/hr.

**FIGURA 4.23**

**Consumo de combustible por hora – Scooptram**



Nota: Overprime Manufacturing S.A.C.

### 4.3. Neumáticos

#### 4.3.1. Rendimiento promedio por medida

Se muestra el costo/hora por neumático en la flota de Scooptram de 6yd<sup>3</sup> y 4 yd<sup>3</sup> según el motivo de retiro: fin de vida útil, cortes, otras fallas (desprendimiento de banda de rodamiento, patinaje) y además de las llantas que usaron cadena. (Ver tabla 4.4.) Así mismo se indica la variación del costo/hora de cada tipo respecto al costo/hora por desgaste regular (fin de vida útil).

**Tabla 4. 4**

**Costo por hora comparativo neumáticos – CMC**

COSTO HORA COMPARATIVO NEUMATICOS - CMC														
Aplicación	Medida de llanta	Motivo de retiro	AÑO 2019				AÑO 2020				AÑO 2021			
			Nº Llantas eval.	Hrc. Promedio	Costo/Hora Promedio	Variación del Costo Hora respecto al fin de vida útil	Nº Llantas eval.	Hrc. Promedio	Costo/Hora Promedio	Variación del Costo Hora respecto al fin de vida útil	Nº Llantas eval.	Hrc. Promedio	Costo/Hora Promedio	Variación del Costo Hora respecto al fin de vida útil
SCOOP 6YD	18.0 X25	Fin de vida útil	45	804	2.92		40	996	2.40		38	1212	2.12	
		Corte	52	451	4.53	55%	30	491	4.37	82%	12	694	3.55	67%
		Otras fallas	3	718	3.40						6	1056	2.38	12%
		Fin de vida útil + Cortes + Otros	100	618	3.55	22%	70	779	2.93	22%	56	1084	2.33	10%
		Llantas con Cadena	20	1239	1.97	-33%	24	1647	1.25	-48%	39	1385	1.78	-16%
		TOTAL	120	722	3.10	6%	94	1001	2.22	-7%	95	1234	2.07	-2%
SCOOP 4YD	17.5 X25	Fin de vida útil	18	1270	1.17		19	1208	1.16		11	1883	0.84	
		Cortes	23	655	2.20	88%	13	752	1.79	54%	4	1065	1.54	95%
		Otras fallas					2	764	2.16					
		TOTAL	41	925	1.58	35%	34	1007	1.39	20%	14	1689	0.97	16%

Nota: Overprime Manufacturing S.A.C.

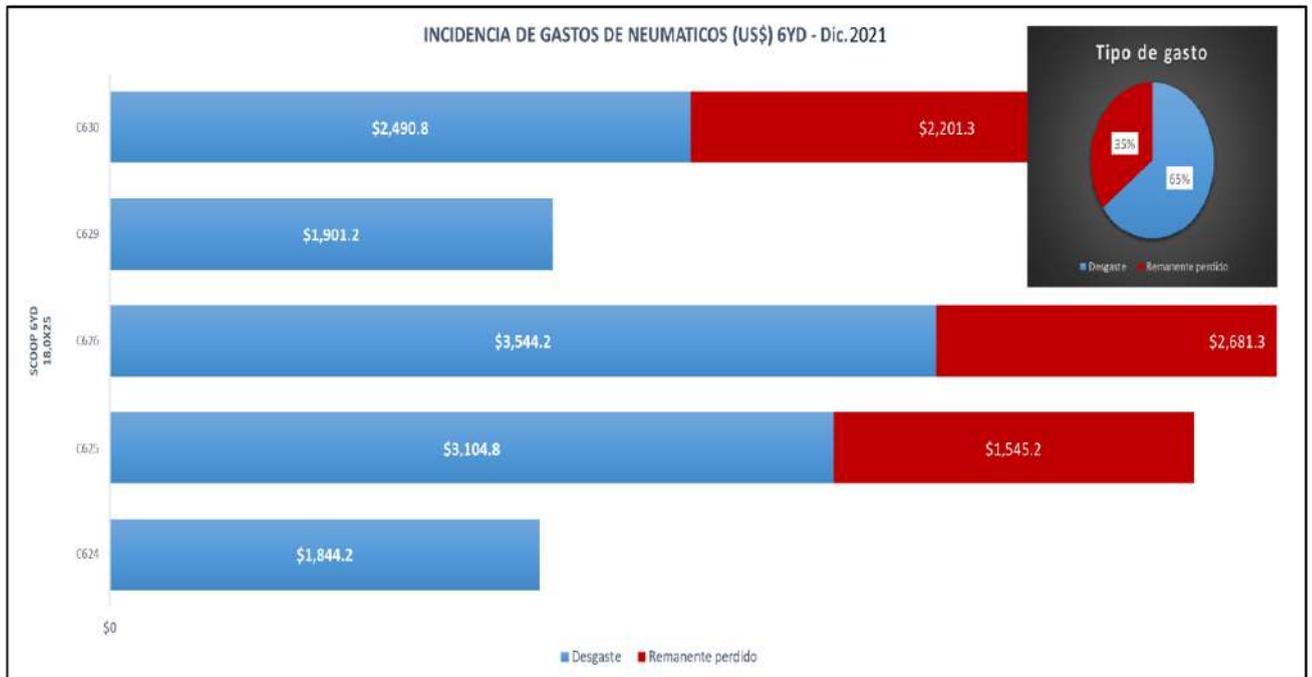
**4.3.2. Análisis de comportamiento de los equipos.**

**4.3.2.1. Utilización de neumáticos por equipo, llantas 18.0x25(Para Scooptram R1600).**

Se valoriza por cada equipo el consumo de llantas (Fig. 4.24) y el remanente de caucho no utilizado en llantas cortadas o que presentaron fallas.

**FIGURA 4.24**

**Desgaste de neumáticos 6 yd<sup>3</sup> (periodo diciembre 2021)**



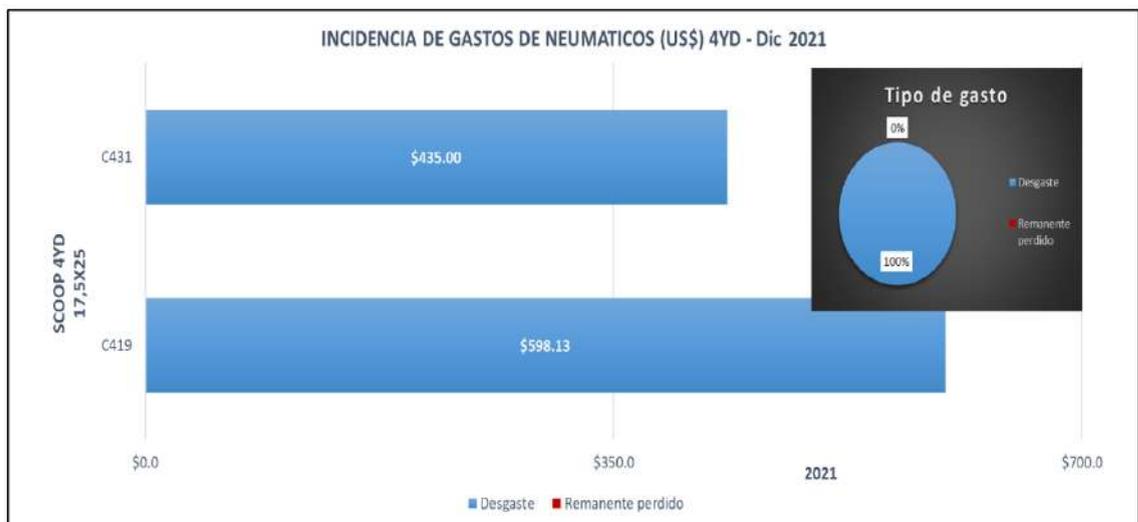
Nota: Overprime Manufacturing S.A.C.

**4.4. Utilización de neumáticos por equipo, llantas 17.5X25 (Para Scooptram R1300)**

Se valoriza por cada equipo el consumo (desgaste) de llantas (Fig. 4.25).

**FIGURA 4.25**

**Desgaste de neumáticos 4 yd<sup>3</sup> (periodo diciembre 2021)**



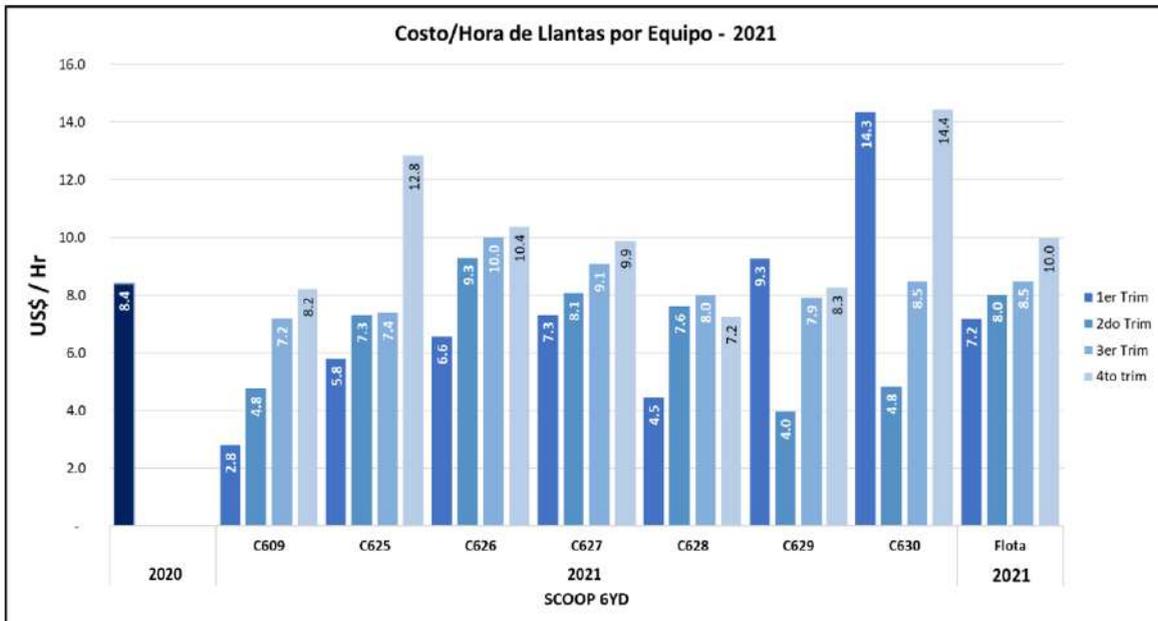
Nota: Overprime Manufacturing S.A.C.

#### 4.4.1. Costo por hora Flota R1600

Se muestra (figura 4.26) el Costo/Hora de las llantas utilizadas por Equipo por trimestre incluyendo las llantas que usaron cadena.

FIGURA 4.26

Costo/hora por equipo y por flota (Scooptram 6 yd<sup>3</sup>)



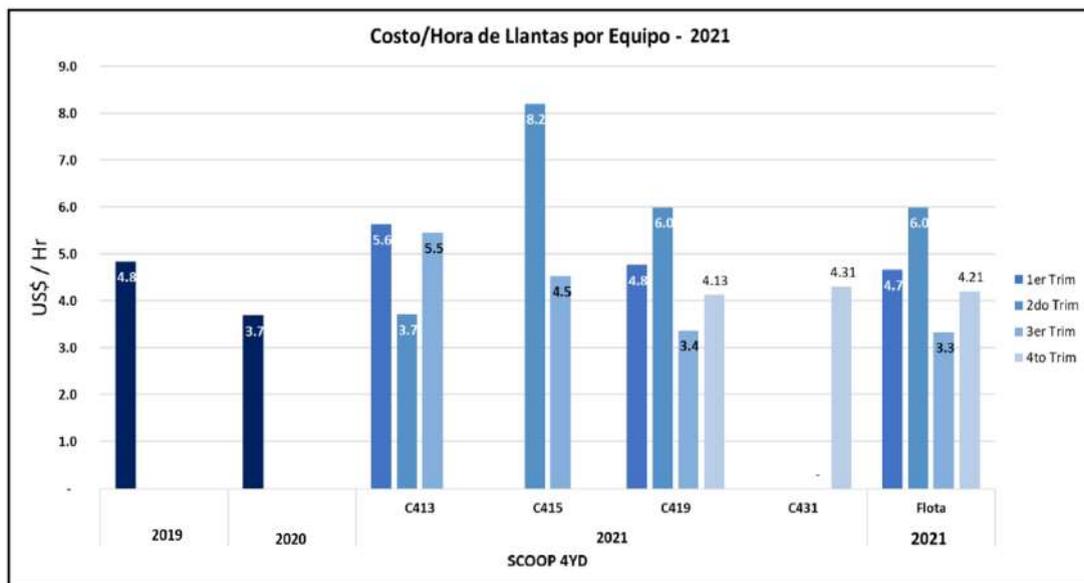
Nota: Overprime Manufacturing S.A.C.

#### 4.4.2. Costo por Flota R1300

Se muestra (figura 4.27) el Costo/Hora de las llantas utilizadas por Equipo por trimestre.

FIGURA 4.27

Costo/hora por equipo y por flota (Scooptram 4 yd<sup>3</sup>)



Nota: Overprime Manufacturing S.A.C.

## **CAPÍTULO V:**

### **5. ANÁLISIS DE RESULTADOS DE MEDIANTE JACK-KNIFE**

#### **5.1. ANÁLISIS DE DATOS CON EL MÉTODO JACK-KNIFE**

Este análisis con el método de Jack-Knife se obtiene de los datos del MTTR y Número de fallas (tabla 5.1) esto de la base de datos de la flota, para así obtener resultados que nos indican qué sistema y/o componente es el grave/crónico, crónico, grave y leve/poco frecuente, lo cual será reflejado en el diagrama (figura 5.1) de esta manera determinar la criticidad y poder tener una visión de cuáles son los problemas más frecuentes y con mayor tiempo de parada, ya que estos perjudican nuestra operación, en base a esto debemos realizar un plan de contingencia para poder disminuir estas fallas, tratar de que miguen del cuadrante de “crónico” al cuadrante “leve o poco frecuente”.

Finalmente, a través de este análisis y con las medidas y/o acciones que se tomaron, pretendemos mejorar nuestros indicadores, estos se verán reflejados en el primer semestre de nuestros indicadores de mantenimiento, Disponibilidad, MTBF (tiempo promedio entre fallas), MTTR (tiempo medio para reparar) y también se verán mejores resultados en la utilización y toneladas acarreadas.

**a. Definiciones:**

- MTTR (Mean Time To Repair) o TMPR (Tiempo Medio Para Reparar).
- MTBF (Mean Time Between Failures) o (Tiempo Promedio Entre Fallas).
- Número de Paradas.
- DM (Mechanical Availability) o DM (Disponibilidad Mecánica).
- R (Reliability) o C (Confiabilidad).
- Mantenibilidad.

**Tabla 5. 1**

*Base De Datos Para Diagrama De Jack-Knife*

Sistema	Subsistema	Componente	TIEMPO TOTAL DE PARADA	# DE FALLAS	MTTR	LIMITE DE PARADAS	LIMITE MTTR	INDISPONIBILIDAD (PROM)
Eléctrico	Sistema eléctrico	Cable eléctrico	2,00	1	2,00	2,19	5,16	11,31
Eléctrico	Sistema eléctrico	Motor eléctrico	1,00	1	1,00	2,19	5,16	11,31
Eléctrico	Sistema eléctrico	Potenciómetro	3,67	1	3,67	2,19	5,16	11,31
Estructura	Sistema de perforación	Sliding piece	5,32	4	1,33	2,19	5,16	2,83
Hidráulico	Sistema de cilindros	Cilindro de avance	7,38	1	7,38	2,19	5,16	11,31
Hidráulico	Sistema de cilindros	Cilindro de mordaza	2,58	2	1,29	2,19	5,16	5,66
Hidráulico	Sistema de perforación	Booster	0,50	1	0,50	2,19	5,16	11,31
Hidráulico	Sistema de perforación	Mesa de perforadora	0,92	1	0,92	2,19	5,16	11,31
Hidráulico	Sistema de perforación	Perforadora	144,10	8	18,01	2,19	5,16	1,41
Hidráulico	Sistema de perforación	Sujetador de barras	1,47	2	0,73	2,19	5,16	5,66
Hidráulico	Sistema hidráulico	Valvula	3,50	1	3,50	2,19	5,16	11,31
Hidráulico	Sistema hidráulico	Acumulador	1,00	1	1,00	2,19	5,16	11,31
Hidráulico	Sistema hidráulico	Conectores	1,00	1	1,00	2,19	5,16	11,31
Hidráulico	Sistema hidráulico	Manguera hidráulica	29,93	14	2,14	2,19	5,16	0,81
Hidráulico	Sistema hidráulico	Diafragma de retorno	4,82	1	4,82	2,19	5,16	11,31
Llantas	Llantas	Llantas	4,08	1	4,08	2,19	5,16	11,31
Motor	Motor básico	Motor diesel	3,50	1	3,50	2,19	5,16	11,31
Motor	Sistema eléctrico	Batería	1,28	1	1,28	2,19	5,16	11,31
Shank	Shank	Shank	18,00	1	18,00	2,19	5,16	11,31
Viga	Sistema de perforación	Cable de avance	0,83	1	0,83	2,19	5,16	11,31
Viga	Sistema de perforación	Cable de retorno	0,67	1	0,67	2,19	5,16	11,31

Nota: Overprime Manufacturing S.A.C.

**b. Interpretación de datos:**

- Cálculo del MTTR:

$$MTTR = \frac{TIEMPO TOTAL DE PARADA}{NUMERO DE FALLAS}$$

- Cálculo del límite de paradas:

$$LIMITE DE PARADAS = PROMEDIO DE PARADAS$$

- Cálculo de límite de MTTR:

$$LIMITE DE MTTR = PROMEDIO DE MTTR$$

- Cálculo de la indisponibilidad:

$$INDISPONIBILIDAD = \frac{LIMITE DE PARADAS * LIMITE DE MTTR}{NUMERO DE PARADAS}$$

Para una clasificación de fallas, el método Jack-Knife nos indica que podemos clasificar estas fallas, dependiendo en dónde estén ubicados según el gráfico de dispersión, en cuatro cuadrantes. Ahora bien, para establecer los límites, ubicar los cuatro cuadrantes y analizar los problemas, el método establece los límites para las fallas y para el MTTR:

$$Límite_n = \frac{N}{Q}$$

$$Límite_{MTTR} = \frac{D}{N}$$

Donde:

- N: Es el número total de fallas que presenta la flota.
- Q: Es la cantidad de tipo de fallas que presenta la flota.
- D: Es el número total de horas de reparación. Para nuestras paradas en la flota JUMBO S1D.

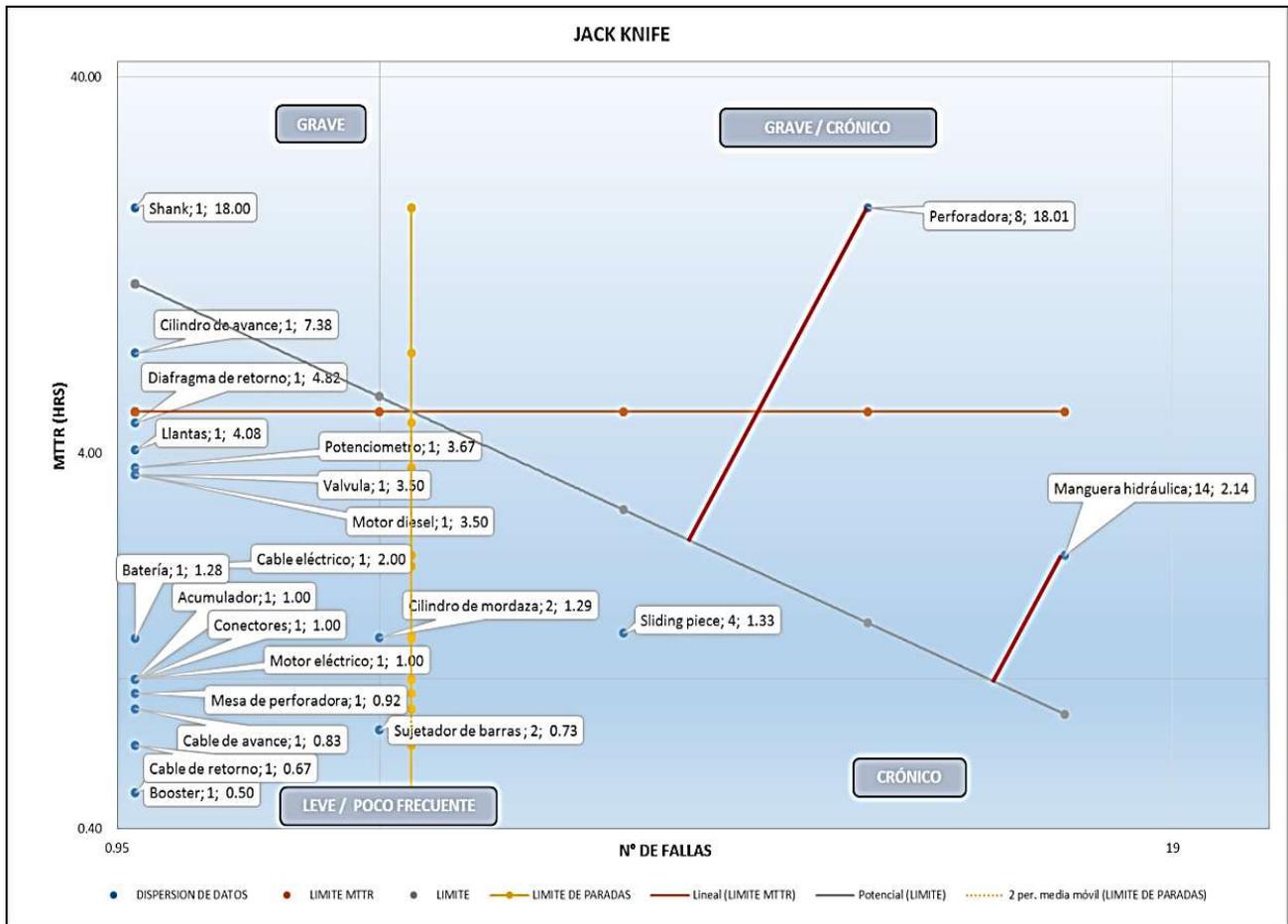
- Limite n = 2.19
- Limite MTTR = 5.16

Con estos límites el gráfico se divide en cuatro cuadrantes:

1. Leve / Poco frecuente.
2. Crónico.
3. Grave.
4. Grave / Crónico.

FIGURA 5.1

Diagrama Jack - Knife



Nota Overprime Manufacturing S.A.C.

### c. Límite de paradas vs límite de MTTR

- LIMITE DE PARADAS. Es el promedio del número de paradas, delimita dos sectores como se puede apreciar en la gráfica anterior el sector de la izquierda abarca los componentes más confiables ya que su número de fallas es pequeño
- LIMITE DE MTTR. Es el promedio del MTTR, delimita dos sectores siendo el sector superior el de menor mantenibilidad ya que en ese sector se encuentran los componentes con un Tiempo Medio para Reparación superior al promedio.

**d. Fallas que más afectan la disponibilidad:**

- Las fallas que más afectan la disponibilidad del sistema son las de equipos que se encuentran sobre la curva de Iso-indisponibilidad.
- Esta curva corresponde a la siguiente relación:  $X*Y = (\text{Limite MTTR}) \times (\text{Limite n})$   
 $X*Y = 2.19 \times 5.16 = 11.3 \text{ hrs}$
- Encontrando soluciones a las fallas de esta región se logrará incrementar la disponibilidad del sistema.

**e. Interpretación de cuadrantes en diagrama de Jack-Knife:**

➤ **LEVE / POCO FRECUENTE**

- En este cuadrante los sistemas tienen pocas fallas y su reparación demanda de un tiempo menor al límite del Tiempo Medio para Reparar (MTTR). Buena mantenibilidad.
- Los sistemas situados bajo la línea de indisponibilidad tienen la mejor disponibilidad con respecto a los componentes situados sobre la línea.
- La confiabilidad es buena en este cuadrante ya que los sistemas tienen pocas fallas y su Tiempo Medio para Reparar es bajo.

➤ **GRAVE**

- En este cuadrante los sistemas tienen pocas fallas, pero el Tiempo Medio para Reparaciones (MTTR) es alto sobre el límite de MTTR. Problemas de mantenibilidad
- Los sistemas situados sobre la línea de indisponibilidad tienen la menor disponibilidad con respecto a los componentes situados sobre la línea
- Al tener un Tiempo Medio para Reparaciones (MTTR) alto los sistemas en este cuadrante son poco confiables.

➤ **CRÓNICO**

- En este cuadrante los sistemas tienen numerosas fallas y su reparación demanda de un tiempo menor al límite del Tiempo Medio para Reparar (MTTR).
- Los sistemas situados bajo la línea de indisponibilidad tienen la mejor disponibilidad con respecto a los componentes situados sobre la línea.
- En este cuadrante los sistemas tienen problemas de confiabilidad ya que los componentes tienen numerosas fallas, pero su Tiempo Medio para Reparar (MTTR) es bajo

➤ **GRAVE / CRÓNICO**

- En este cuadrante los sistemas tienen numerosas fallas y su reparación demanda de un tiempo mayor al límite del Tiempo Medio para Reparar (MTTR). Mala mantenibilidad.
- En este cuadrante los sistemas no son disponibles.
- En este cuadrante los sistemas no son confiables ya que los componentes tienen altas fallas y su Tiempo Medio para Reparar (MTTR) es alto.

**5.2. Aplicación de Mejoras mediante análisis del Diagrama de Jack-Knife, Flota 6 yd<sup>3</sup> y 4 yd<sup>3</sup>:**

Después de analizar el diagrama de Jack-Knife del periodo diciembre 2021 se optó por realizar inspecciones generales periódicas por sistemas en base a esto se programaban las reparaciones, las inspecciones inicialmente se realizarían con una frecuencia semanal y luego con una frecuencia mensual (figura 5.2) también se optó por el cambio del aceite mineral 15W40 por el sintético 5W40 con el fin de prolongar el intervalo entre mantenimientos y mantener el motor en mejores condiciones, también se hacen análisis de aceites con la finalidad de hacer seguimiento a nuestros componentes y evitar una parada mayor.

FIGURA 5.2

Inspección de Scooptram por sistemas - Parte 1

		<b>INSPECCIÓN DE SCOOPTRAM</b>					
<b>SUPERVISOR :</b>		<b>HOROMETRO :</b>		<b>EQUIPO :</b>			
<b>FECHA :</b>		<b>TURNO :</b>					
<b>SISTEMA : MOTOR</b>							
DESCRIPCIÓN ESTADO	OBSERVACIÓN	REPUESTO A UTILIZAR	CANTIDAD	N/P	TIEMPO		
porta filtro de aire y precleaner							
soportes de motor							
líneas de refrigeración							
líneas escape							
líneas de admisión							
líneas de lubricación							
sistema de combustible							
sellos y empaques							
tapa de balancines							
Faja de ventilador							
Bomba de agua							
RECOMENDACIONES		REPUESTO A UTILIZAR	CANTIDAD	N/P	TIEMPO		
<b>SISTEMA : TRANSMISIÓN</b>							
DESCRIPCIÓN ESTADO	OBSERVACIÓN	REPUESTO A UTILIZAR	CANTIDAD	N/P	TIEMPO		
soportes de caja de transmisión							
Caja de transmisión							
mangueras y conectores							
caja de transferencia							
Bomba de enfriamiento corona							
Panel enfriador de motor							
Panel enfriador hidráulico							
Panel de enfriador corona							
Eje oscilante posterior							
Pernos de soporte							
Pernos de soporte tren delante							
Mandos finales							
Tren delantero							
Tren posterior							
RECOMENDACIONES		REPUESTO A UTILIZAR	CANTIDAD	N/P	TIEMPO		
<b>SISTEMA : HIDRÁULICO</b>							
DESCRIPCIÓN ESTADO	OBSERVACIÓN	REPUESTO A UTILIZAR	CANTIDAD	N/P	TIEMPO		
bomba							
líneas de pilotaje							
mangueras y abrazaderas							
joystick de implementes							
joystick de dirección							
válvula de control de implementes							
válvula de control de dirección							
cilindro de volteo							
cilindros de levante							
cilindro de dirección							
válvula de carga de acumulador							
acumuladores							
freno de servicio							
freno de estacionamiento							
RECOMENDACIONES		REPUESTO A UTILIZAR	CANTIDAD	N/P	TIEMPO		

Nota: Overprime Manufacturing S.A.C.

**FIGURA 5.3**

**Inspección de Scooptram por sistemas - Parte 2**

 <p>COMPAÑÍA MINERA CONDESTABLE S.A.</p>		<h2 style="margin: 0;">INSPECCIÓN DE SCOOPTRAM</h2>			 <p><b>EQUIPO :</b></p>	
SUPERVISOR :		HOROMETRO :				
FECHA :		TURNO :				
<b>SISTEMA : IMPLEMENTOS</b>						
<b>DESCRIPCIÓN ESTADO</b>	<b>OBSERVACIÓN</b>	<b>REPUESTO A UTILIZAR</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>N/P</b>	<b>TIEMPO</b>	
bomba						
Suspensión de asiento						
Puños de cuchara						
Pines de z bar						
Pines de cilindro de volteo						
Pines de cilindro levante						
Pines de cilindro de dirección						
<b>SISTEMA : AIRE ACONDICIONADO Y LIMPIA PARABRISAS</b>						
<b>DESCRIPCIÓN ESTADO</b>	<b>OBSERVACIÓN</b>	<b>REPUESTO A UTILIZAR</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>N/P</b>	<b>TIEMPO</b>	
faja de compresor						
ventilador del condensador						
switch de presión						
condensador						
ventilador del evaporador						
compresor						
bomba de agua						
motor trico						
rociadores						
interruptor doble contacto						
plumillas						
brazo de plumillas						
<b>RECOMENDACIONES</b>		<b>REPUESTO A UTILIZAR</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>N/P</b>	<b>TIEMPO</b>	
_____ SUPERVISOR					_____ JEFE MAQUINARIA PESADA	

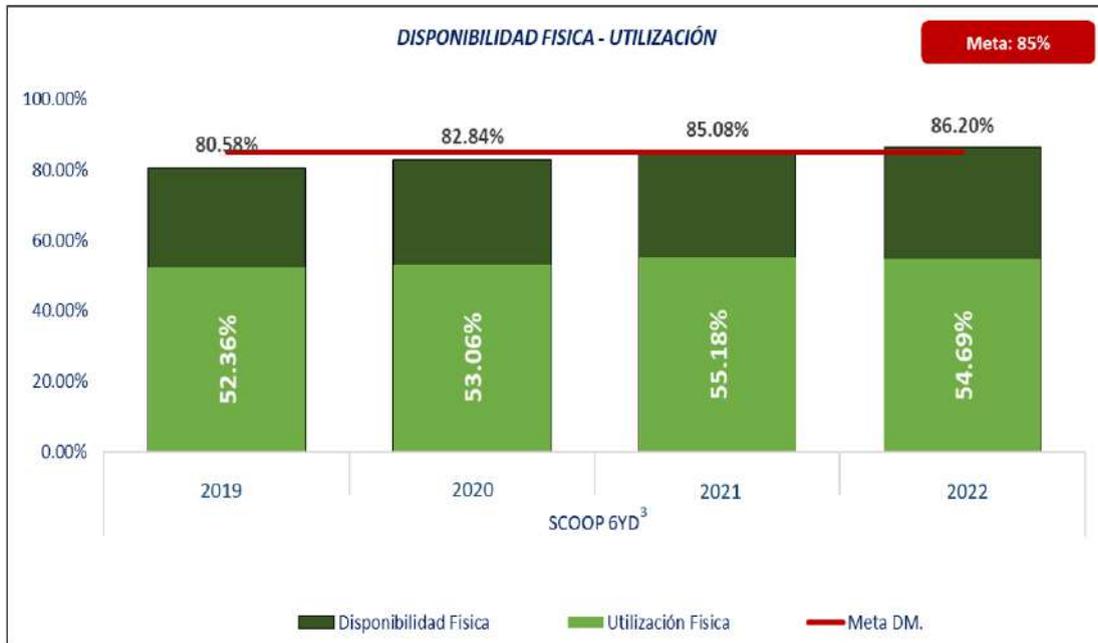
Nota: Overprime Manufacturing S.A.C.

**5.3. Comparativo de indicadores de mantenimiento – Flota 6 yd<sup>3</sup>**

Con los datos Obtenidos del 2019, 2020 y 2021 se realiza un comparativo entre indicadores con el promedio de lo que va el primer semestre del año 2022 como se observa en la figura 5.4., como puede verse, la disponibilidad física aumentó en 1.12%, superando la meta establecida en un 1.2%.

**FIGURA 5.4**

**Disponibilidad Física Scooptram 6 yd<sup>3</sup>**

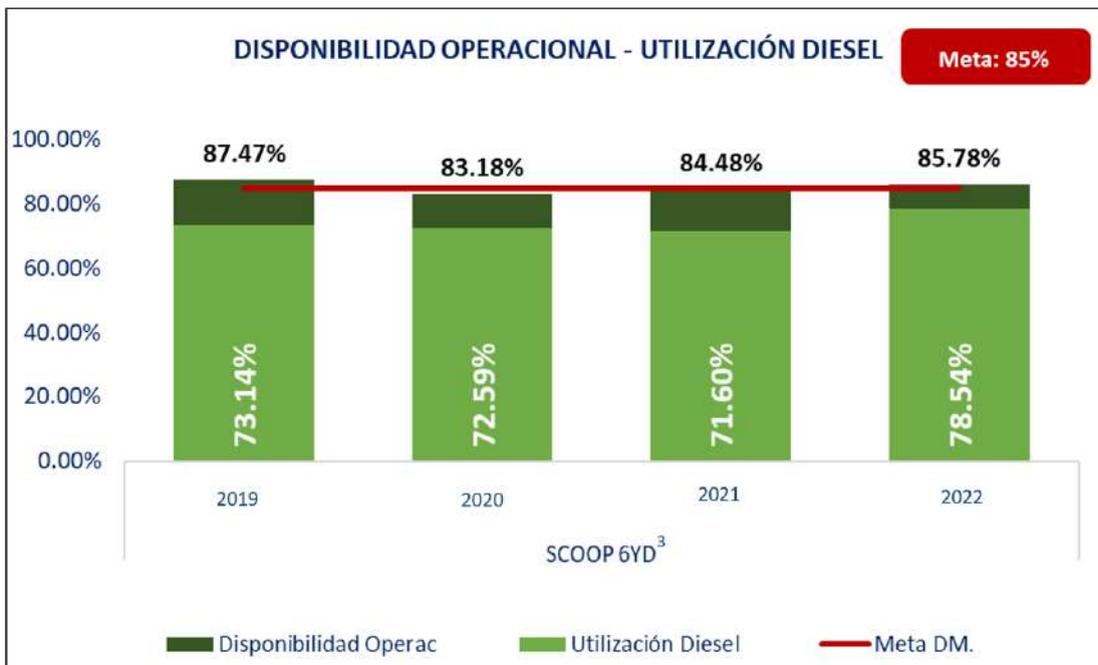


Nota: Overprime Manufacturing S.A.C.

Lo mismo ocurre con nuestra disponibilidad operacional como se observa en la figura 5.5. la disponibilidad aumentó en 1.3% respecto al año 2021, pero se mantiene por debajo de la meta establecida.

**FIGURA 5.5**

**Disponibilidad Operacional Scooptram 6 yd<sup>3</sup>**



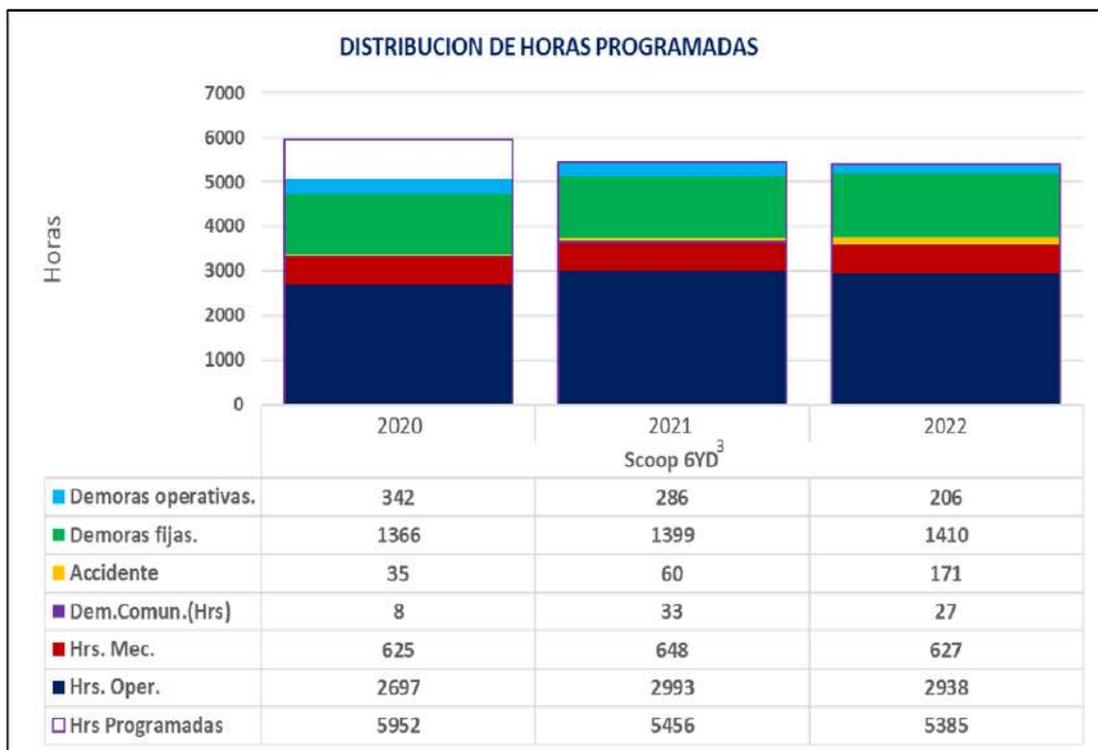
Nota: Overprime Manufacturing S.A.C.

Con respecto a la distribución de horas programadas según figura 5.5., las demoras operativas tienden a disminuir respecto del año anterior en 80 horas en promedio, mientras que las demoras fijas aumentaron en 11 horas en promedio; también se observa que en lo que va del año 2022 hubo más accidentes, así como, en el periodo de mayo el Scooptram C628 se reporta inoperativo debido a que fue sepultado por caída y deslizamiento de mineral cuando realizaba trabajos de limpieza de un frente, a cambio de este equipo llega un equipo que se encontraba en proceso de overhaul, el Scooptram C609.

Las horas de intervenciones mecánicas disminuyen en 21 horas con respecto al año 2021 (ver figura 5.6), se reducen las demoras en comunicación en 5 horas respecto al año 2021 aquí se optó por obligar al personal a portar los radios en todo momento, haciendo la comunicación más efectiva.

**FIGURA 5.6**

**Distribución de horas programadas, con el promedio semestral 2022, flota Scooptram 6 yd<sup>3</sup>**

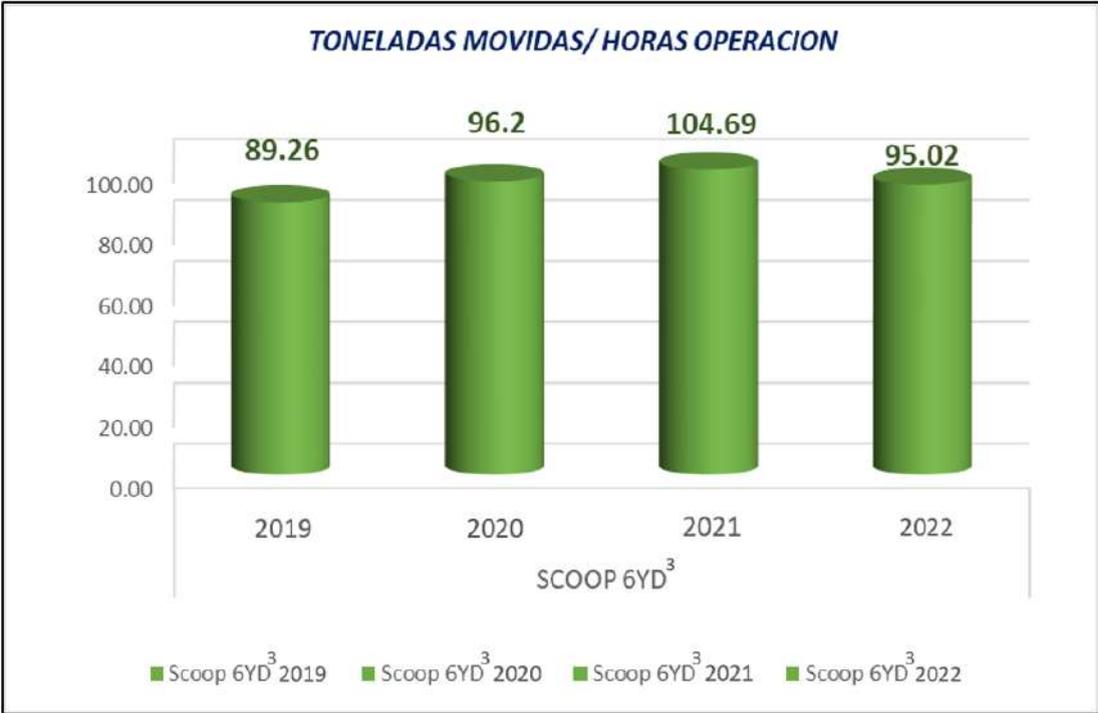


Nota: Overprime Manufacturing S.A.C.

Con respecto a las toneladas movidas por horas de operación se muestra el promedio de los años 2019, 2020, 2021 y el promedio del primer semestre del año 2022 como se muestra en la figura 5.7., hay un déficit de 9.67 tn/hr con respecto al año 2021, siendo el promedio de este último 104.69 tn/hr y el promedio del 2022 es de 95.02 tn/hr.

**FIGURA 5.7**

**Toneladas Movidas – Horas de Operación comparativo con el primer semestre del año 2022**

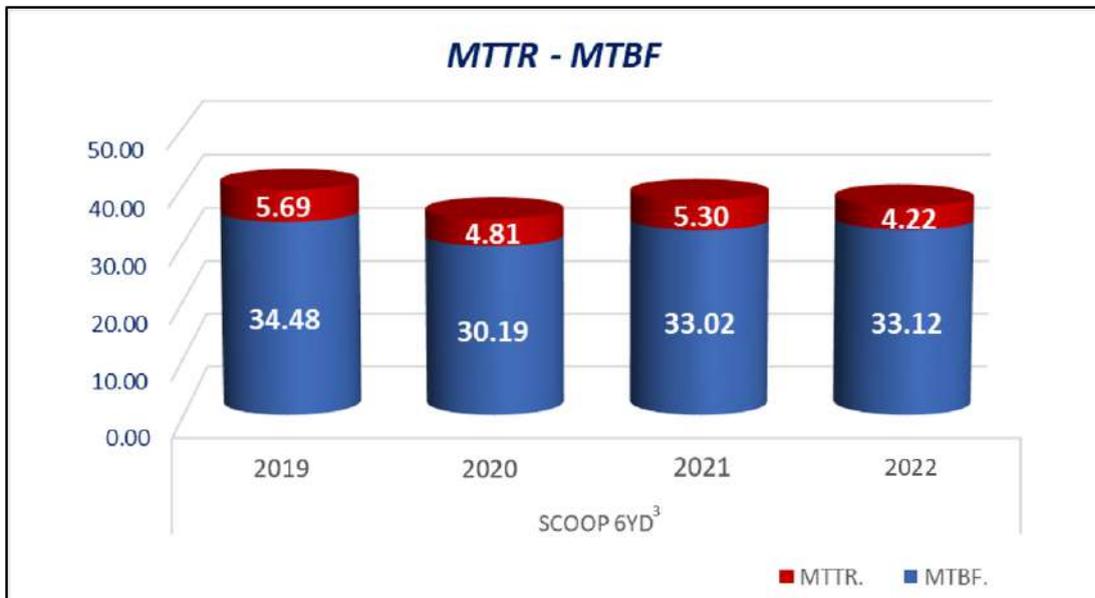


Nota: Overprime Manufacturing S.A.C.

Realizando los comparativos entre los años 2019, 2020, 2021 como se ve en la figura 5.8 y el promedio del primer semestre del año 2022, se observa que se cierra en el año 2021 con 5.30 horas de MTTR con respecto a lo que va del año 2022 ha disminuido en 1.08 horas, siendo el promedio del año 2022 un 4.22 horas. En el caso del MTBF de un 33.02 horas en el 2021 se ha logrado incrementar en 0.1 horas, siendo el promedio del primer semestre del año 2022 un 33.12 horas.

**FIGURA 5.8**

**MTTR – MTBF (Promedio anual vs promedio del primer semestre del año 2022 – flota Scooptram 6yd<sup>3</sup>)**



Nota: Overprime Manufacturing S.A.C.

#### **5.4. Resultados obtenidos a través de la interpretación del Diagramas de Jack-Knife, Flota 6 yd<sup>3</sup>**

A continuación, se muestra el diagrama de Jack-Knife del periodo de junio- 2022 (Ver tabla 5.2 y figura 5.9), en la cual se realiza el comparativo respecto del periodo Diciembre-2021 (Ver tabla 4.1 y figura 4.10) con el cual se parte para levantar las fallas y realizar los correctivos.

**Tabla 5. 2**

**Número de fallas y MTTR en Scooptram R1600 (Periodo Junio 2022)**

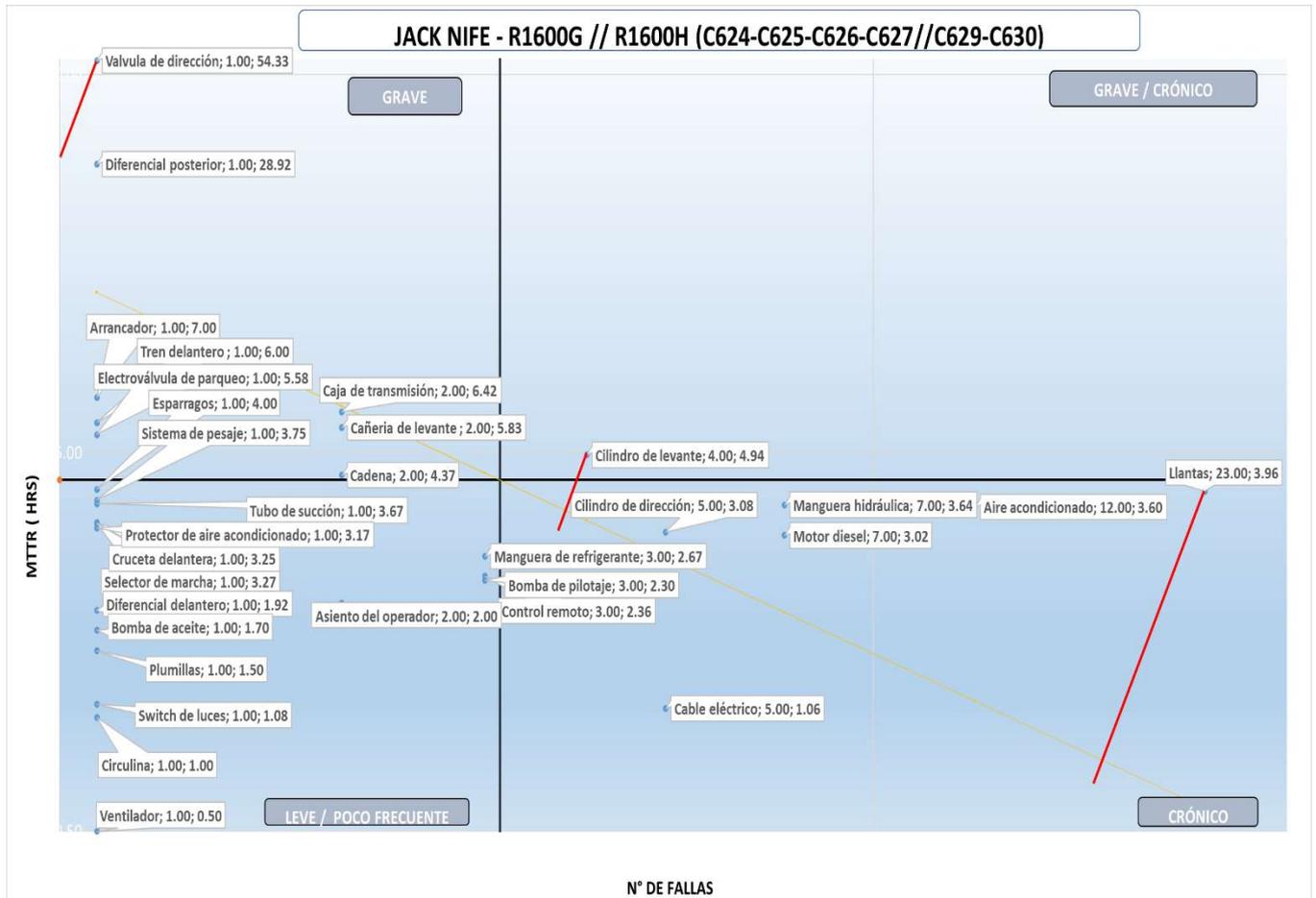
Componente	Hrs de Parada	N° de Paradas	MTTR	Limite de Paradas (Y)	Limite MTTR (X)	X*Y (Lim. Par. * Lim. MTTR)	Isoindisponibilidad
Llantas	91.12	23.00	3.96	3.13	4.24	13.27	0.58
Valvula de dirección	54.33	1.00	54.33	3.13	4.24	13.27	13.27
Aire acondicionado	43.17	12.00	3.60	3.13	4.24	13.27	1.11
Diferencial posterior	28.92	1.00	28.92	3.13	4.24	13.27	13.27
Manguera hidráulica	25.50	7.00	3.64	3.13	4.24	13.27	1.90
Motor diesel	21.17	7.00	3.02	3.13	4.24	13.27	1.90
Cilindro de levante	19.75	4.00	4.94	3.13	4.24	13.27	3.32
Cilindro de dirección	15.42	5.00	3.08	3.13	4.24	13.27	2.65
Caja de transmisión	12.83	2.00	6.42	3.13	4.24	13.27	6.63
Cañería de levante	11.67	2.00	5.83	3.13	4.24	13.27	6.63
Cadena	8.73	2.00	4.37	3.13	4.24	13.27	6.63
Manguera de refrigerante	8.00	3.00	2.67	3.13	4.24	13.27	4.42
Control remoto	7.08	3.00	2.36	3.13	4.24	13.27	4.42
Arrancador	7.00	1.00	7.00	3.13	4.24	13.27	13.27
Bomba de pilotaje	6.90	3.00	2.30	3.13	4.24	13.27	4.42
Tren delantero	6.00	1.00	6.00	3.13	4.24	13.27	13.27
Electroválvula de parqueo	5.58	1.00	5.58	3.13	4.24	13.27	13.27
Cable eléctrico	5.28	5.00	1.06	3.13	4.24	13.27	2.65
Asiento del operador	4.00	2.00	2.00	3.13	4.24	13.27	6.63
Esparragos	4.00	1.00	4.00	3.13	4.24	13.27	13.27
Sistema de pesaje	3.75	1.00	3.75	3.13	4.24	13.27	13.27
Tubo de succión	3.67	1.00	3.67	3.13	4.24	13.27	13.27
Selector de marcha	3.27	1.00	3.27	3.13	4.24	13.27	13.27
Cruceta delantera	3.25	1.00	3.25	3.13	4.24	13.27	13.27
Protector de aire acondicionado	3.17	1.00	3.17	3.13	4.24	13.27	13.27
Diferencial delantero	1.92	1.00	1.92	3.13	4.24	13.27	13.27
Bomba de aceite	1.70	1.00	1.70	3.13	4.24	13.27	13.27
Plumillas	1.50	1.00	1.50	3.13	4.24	13.27	13.27
Switch de luces	1.08	1.00	1.08	3.13	4.24	13.27	13.27
Circulina	1.00	1.00	1.00	3.13	4.24	13.27	13.27
Ventilador	0.50	1.00	0.50	3.13	4.24	13.27	13.27

Nota: Overprime Manufacturing S.A.C.

En la Figura 5.9. se observa que se ha logrado disminuir las fallas que se encontraban en el cuadrante “grave/crónico”, ahora en este cuadrante se presenta la falla por cilindro de levante con una frecuencia de 4 y un tiempo medio para reparar de 4.94; según el gráfico se observa dos puntos adicionales, una que es la falla por llantas que se encuentra en el cuadrante “crónico”, tiene 23 paradas y su tiempo medio para reparar es de 3.96 y la otra que es la falla de la válvula de dirección, el cual solo falló una vez pero el tiempo que demoró para reparar fue de 54.33 horas. Aún hay correctivos por hacer, planes que desarrollar, lo ideal es que todas las fallas aparezcan en el cuadrante “leve/poco frecuente”.

**FIGURA 5.9**

**Diagrama Jack Knife en Scooptram 6 yd<sup>3</sup> (Periodo Junio 2022)**



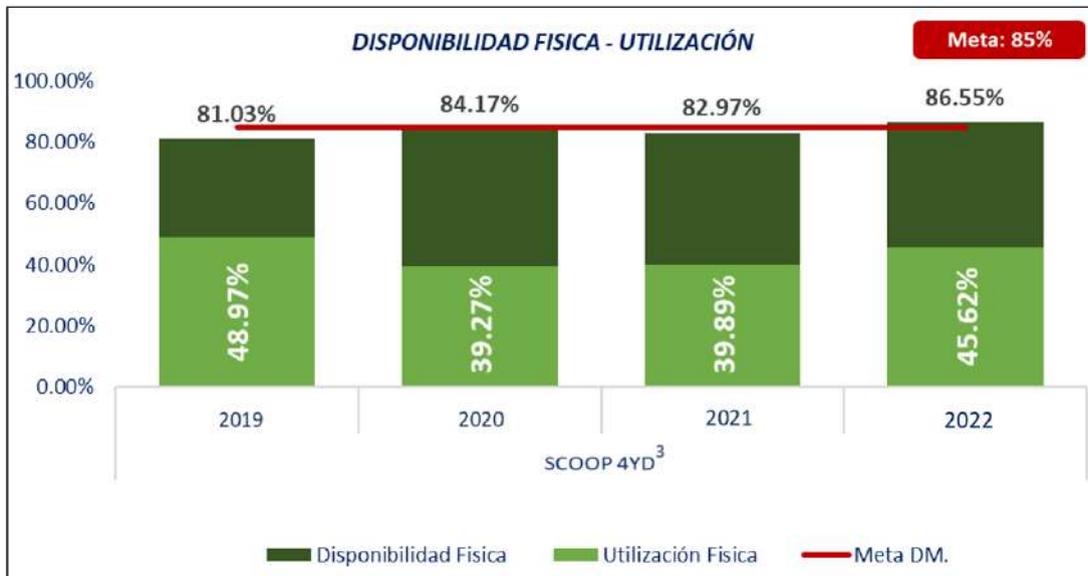
Nota: Overprime Manufacturing S.A.C.

### 5.5. Comparativo de indicadores de mantenimiento – Flota 4 yd<sup>3</sup>

Con el historial obtenido el 2019, 2020 y 2021 se realizó un comparativo entre indicadores con el promedio de lo que va el primer semestre del año 2022 como se observa en la figura 5.10., allí se observa, la disponibilidad física el cual aumentó en 3.58%, superando la meta establecida en un 1.55%.

**FIGURA 5.10**

**Disponibilidad Física Scooptram 4 yd<sup>3</sup>**

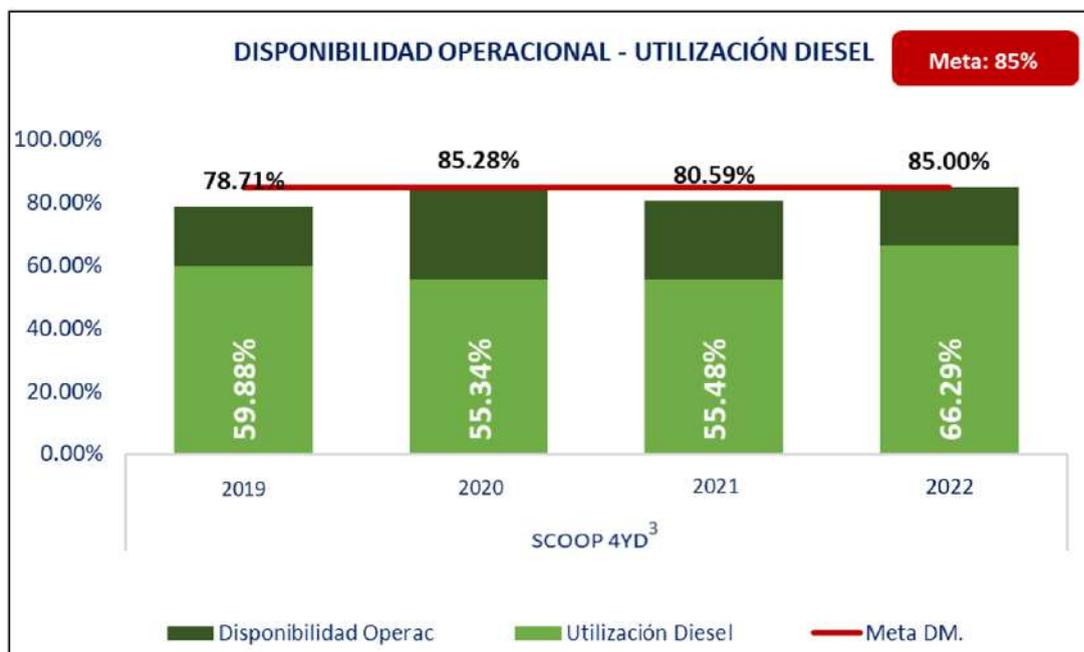


Nota: Overprime Manufacturing S.A.C.

Lo mismo ocurre con nuestra disponibilidad operacional como se observa en la figura 5.11. la disponibilidad aumentó en 4.41% respecto al año 2021, esta llegó a la meta establecida.

**FIGURA 5.11**

**Disponibilidad Operacional Scooptram 4 yd<sup>3</sup>**



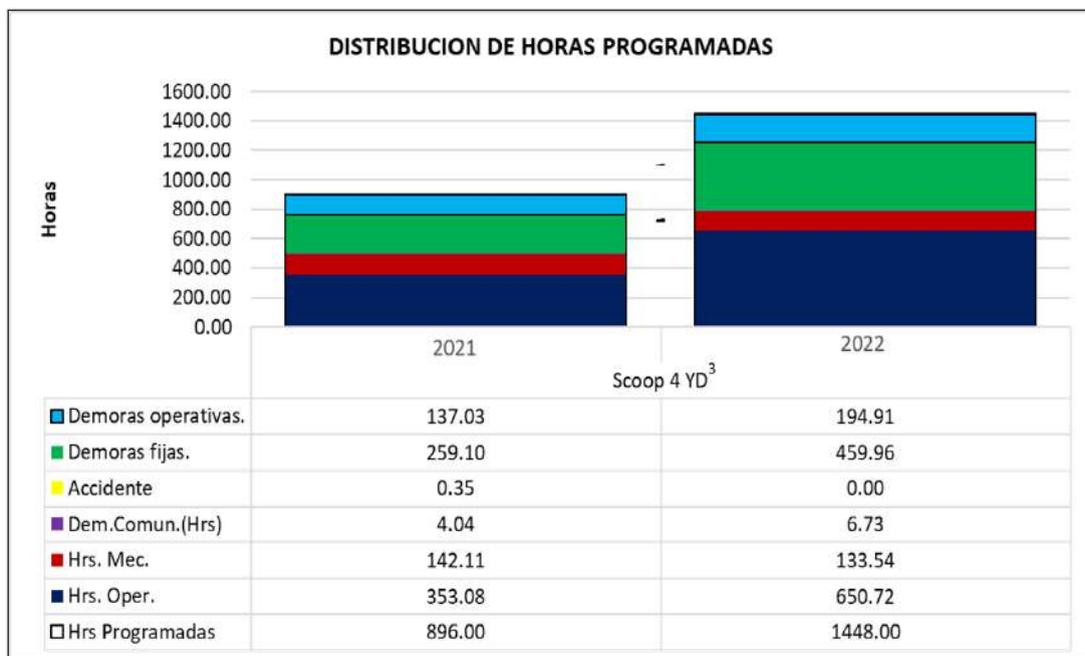
Nota: Overprime Manufacturing S.A.C.

Con respecto a la distribución de horas programadas, solo se realiza un comparativo en los años 2021 y el primer semestre del año 2022, debido a que en los años anteriores no se llevaron una data detallada de estos equipos, por considerarlos equipos de servicios.

Según la figura 5.12. se observa que las horas programadas prácticamente se duplican, esto debido que en el mes de octubre del año 2021 ingresó a operaciones el equipo C431 y este se mantiene a lo largo del 2022 y se considera en los cálculos para los reportes de mantenimiento.

**FIGURA 5.12**

**Distribución de horas programadas, con el promedio semestral 2022 flota Scooptram 4 yd<sup>3</sup>**

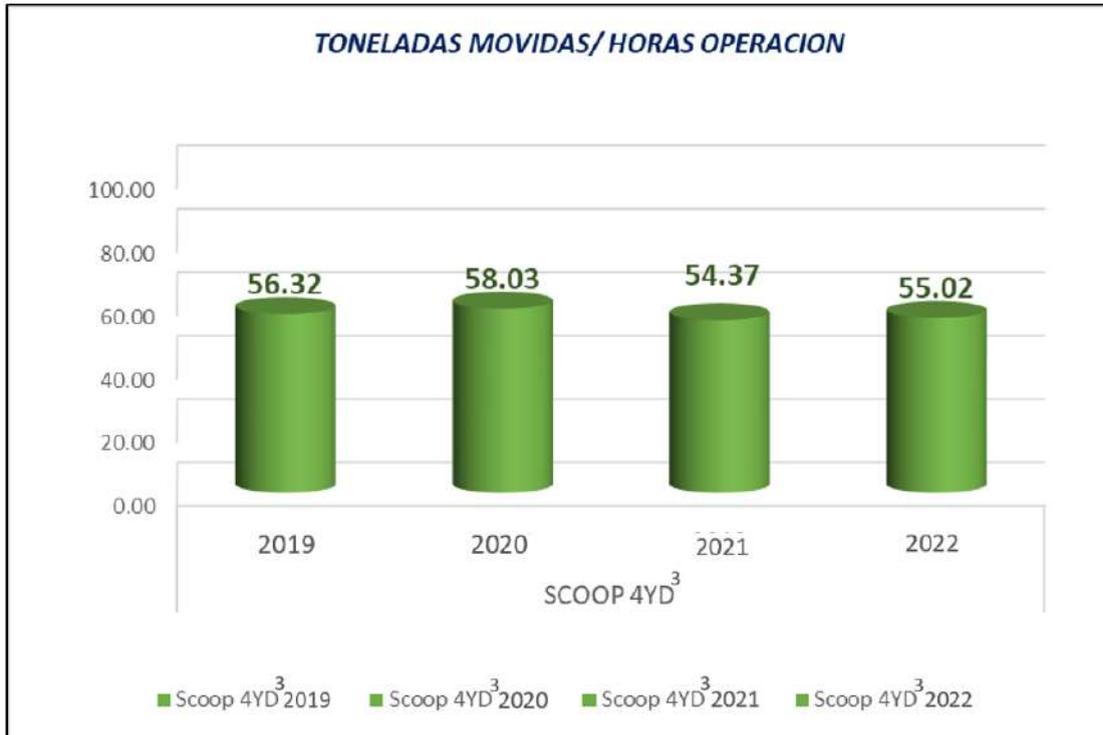


Nota: Overprime manufacturing S.A.C.

Con respecto a las toneladas movidas por horas de operación, se muestra el promedio de los años 2019, 2020, 2021 y el promedio del primer semestre del año 2022 como se muestra en la figura 5.13., hay un incremento de 0.65 tn/hr con respecto al año 2021, siendo el promedio de este último 54.37 tn/hr y el promedio del 2022 es de 55.02 tn/hr.

**FIGURA 5.13**

**Toneladas Movidas – Horas de Operación, comparativo con el primer semestre del año 2022**



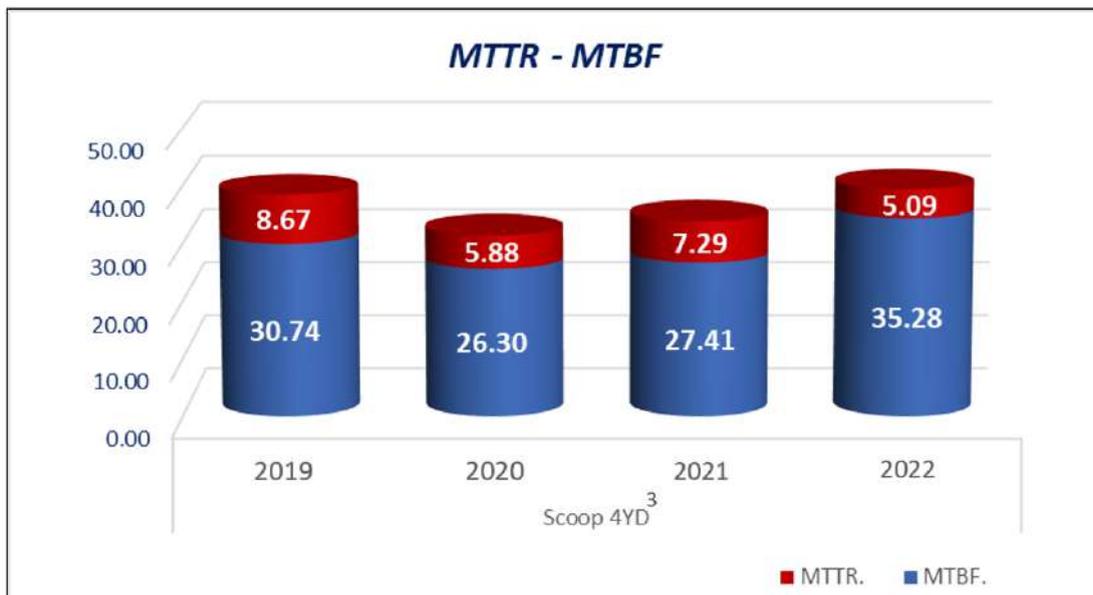
Nota. Overprime Manufacturing S.A.C.

Así como en la flota de 6 yd<sup>3</sup>, también en la flota de 4 yd<sup>3</sup> realizamos los comparativos entre los años 2019, 2020, 2021 y también con el promedio del primer semestre del año 2022 como se ve en la figura 5.14.

Se observa que se cierra el año 2021 con 7.29 horas de MTTR con respecto a lo que va del año 2022, ha disminuido en 2.20 horas, siendo el promedio del año 2022, 5.09 horas. En el caso del MTBF de un 27.41 horas en el 2021 se ha logrado incrementar en 7.87 horas, siendo el promedio de primer semestre del año 2022, 35.28 horas.

FIGURA 5.14

MTTR – MTBF (Promedio anual vs promedio del primer semestre del año 2022 – flota Scooptram 4yd<sup>3</sup>)



Nota: Overprime Manufacturing S.A.C.

### 5.6. Resultados obtenidos a través de la interpretación del Diagramas de Jack-Knife, Flota 4 yd<sup>3</sup>:

Ahora mostraremos el diagrama de Jack Knife del periodo de junio-2022 (Ver tabla 5.3 y figura 5.15) haremos el comparativo respecto del periodo diciembre- 2021 (Ver tabla 4.2 y figura 4.22) con el cual partimos para levantar las fallas y realizar los correctivos.

**Tabla 5. 3**

**Numero de fallas y MTTR en Scooptram 4 yd<sup>3</sup>**

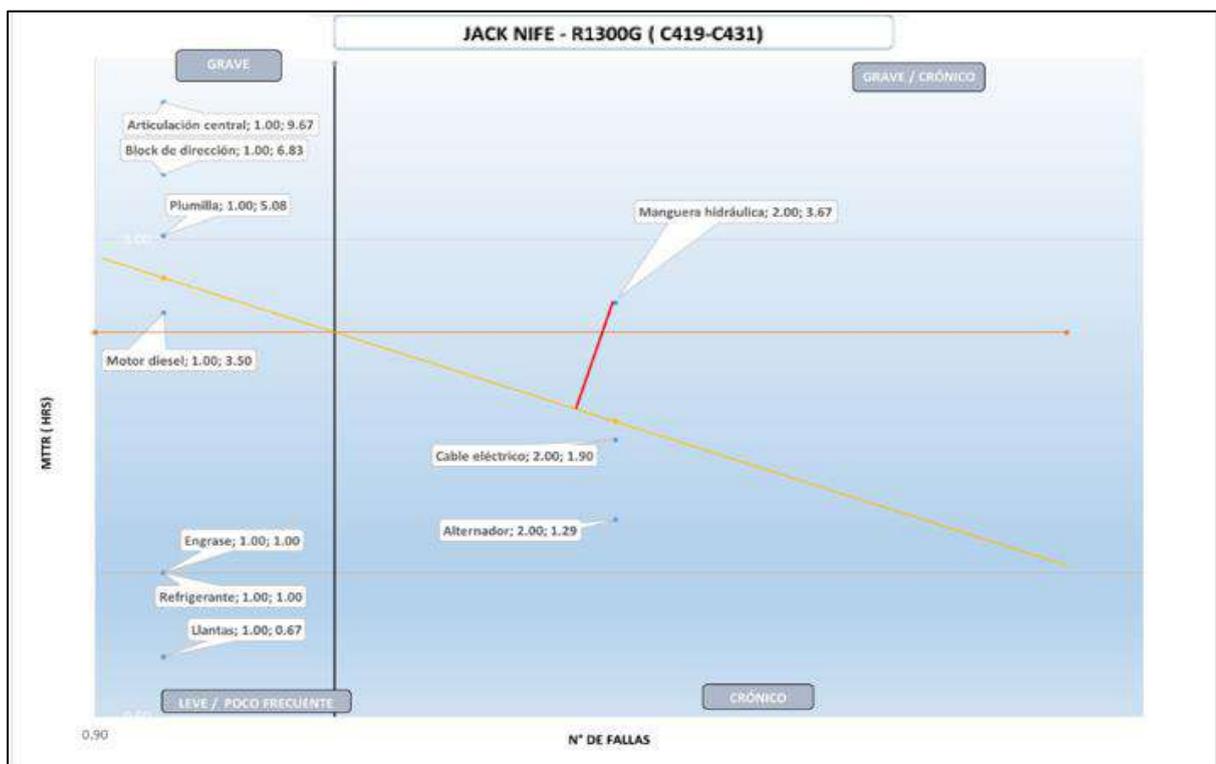
Componente	Hrs de Parada	N° de Paradas	MTTR	Limite de Paradas (Y)	Limite MTTR (X)	X*Y (Lim. Par. * Lim. MTTR)	Isosindisponibilidad
Articulación central	9.67	1.00	9.67	1.30	3.19	4.15	4.148
Manguera hidráulica	7.35	2.00	3.67	1.30	3.19	4.15	2.074
Bloq de dirección	6.83	1.00	6.83	1.30	3.19	4.15	4.148
Plumilla	5.08	1.00	5.08	1.30	3.19	4.15	4.148
Cable eléctrico	3.80	2.00	1.90	1.30	3.19	4.15	2.074
Motor diesel	3.50	1.00	3.50	1.30	3.19	4.15	4.148
Alternador	2.58	2.00	1.29	1.30	3.19	4.15	2.074
Engrase	1.00	1.00	1.00	1.30	3.19	4.15	4.148
Refrigerante	1.00	1.00	1.00	1.30	3.19	4.15	4.148
Ullantas	0.67	1.00	0.67	1.30	3.19	4.15	4.148

Nota: Overprime Manufacturing S.A.C.

En la figura 5.15 se observa que se ha logrado disminuir las fallas que se encontraban en el cuadrante “grave/crónico”, ahora en este cuadrante se presenta la falla “manguera hidráulica” con una frecuencia de 2 y un tiempo medio para reparar de 3.67 horas, esto también lo podemos corroborar en la tabla 5.3; según el gráfico observamos tres puntos adicionales, que se encuentran en el cuadrante crónico, estos son falla en la articulación central, con una frecuencia de falla de 1 y un tiempo medio para reparar de 9.67 horas. Otra de las fallas que encontramos es el block de dirección, tiene una frecuencia de falla de 1 y un tiempo medio para reparar de 6.83 horas; por último, observamos fallas por plumilla, ésta solo falló una vez en este periodo, y se demoró 5.08 en darle solución. Aún hay correctivos por hacer, planes que desarrollar, lo ideal es que todas las fallas aparezcan en el cuadrante “leve/poco frecuente”. De esta manera nuestras fallas serían poco frecuentes y no nos tomaría mucho tiempo en solucionarlas.

**FIGURA 5.15**

**Diagrama Jack Knife en Scooptram 4 yd3 (Periodo Junio 2022)**



Nota: Overprime manufacturing S.A.C.

## 5.7. Migración de aceite de motor del mineral 15W40 al sintético 5W40

Como se menciona al inicio del punto 5.2, hubo migración del aceite mineral 15W40 por sintético 5W40, aceite de motor, esto se hizo inicialmente con un plan piloto en los Scooptram C626 y C627, esto se hizo con el apoyo de Confipetrol, quien es la encargada de suministrar el aceite y hacer los análisis correspondientes. Estas pruebas se realizaron en motores Cat 3176. En el presente informe solo se muestra los gráficos de monitoreo de condiciones del Scooptram C626 debido a que en el Scooptram C627 los resultados obtenidos fueron similares. Pero antes, se detalla en conceptos generales las propiedades y beneficios que este aceite nos ofrece (Ver tabla 5.4), ya que con esta prueba se logra incrementar el intervalo de tiempo entre mantenimientos de 250 horas a 500 horas. Actualmente toda la flota tanto de 6 yd<sup>3</sup> como de 4 yd<sup>3</sup> usan este aceite, se hizo el cambio para todos los equipos en enero del 2022, es también debido a esto que nuestros indicadores mejoraron con respecto al año 2021.

**Tabla 5. 4**

### ***Propiedades y Beneficios del aceite sintético de Mobil 15W-40***

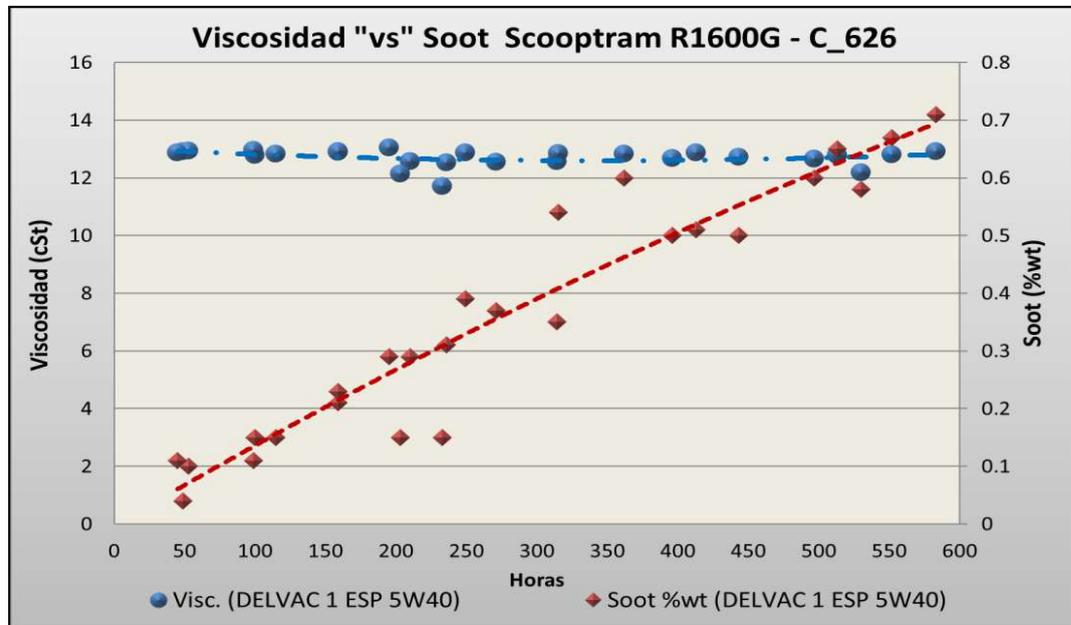
<b>Propiedades</b>	<b>Ventajas y Beneficios potenciales</b>
Agentes activos de limpieza	Previene la formación de depósitos y lodos, manteniendo el motor más limpio y más duradero
Insuperable estabilidad térmica y a la oxidación	Reduce el envejecimiento del aceite, permitiendo mayores intervalos de cambio de aceite
Bajo consumo de aceite	Menor contaminación por hidrocarburos
Propiedades de fricción mejoradas	Mayor economía de energía
Alto índice de viscosidad y Tecnología Antidesgaste Supersyn	Excelente lubricación general y protección contra el desgaste en todas las condiciones y estilos de conducción

Nota: Mobil – Confipetrol.

En las siguientes figuras 5.16; 5.17 se observarán las gráficas sobre la salud del lubricante, se muestran dentro de los parámetros normales a las 250 horas continúan presentando las propiedades que estas tienen

**FIGURA 5.16**

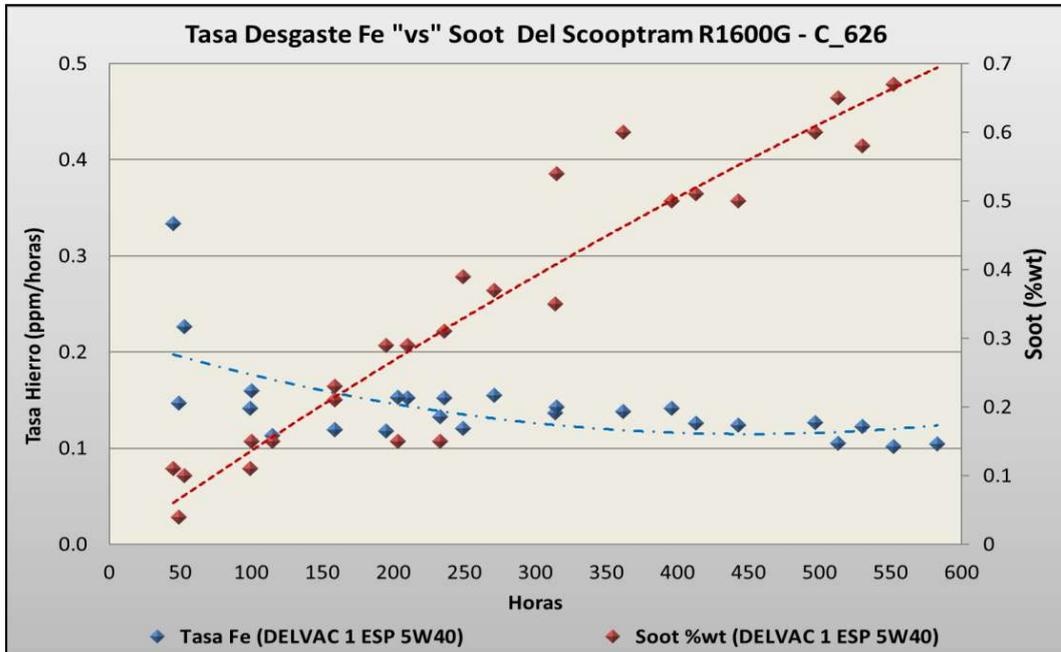
**Viscosidad vs Soot del Scooptram C626 con respecto al tiempo**



Nota: Confipetrol Andina S.A.

**FIGURA 5.17**

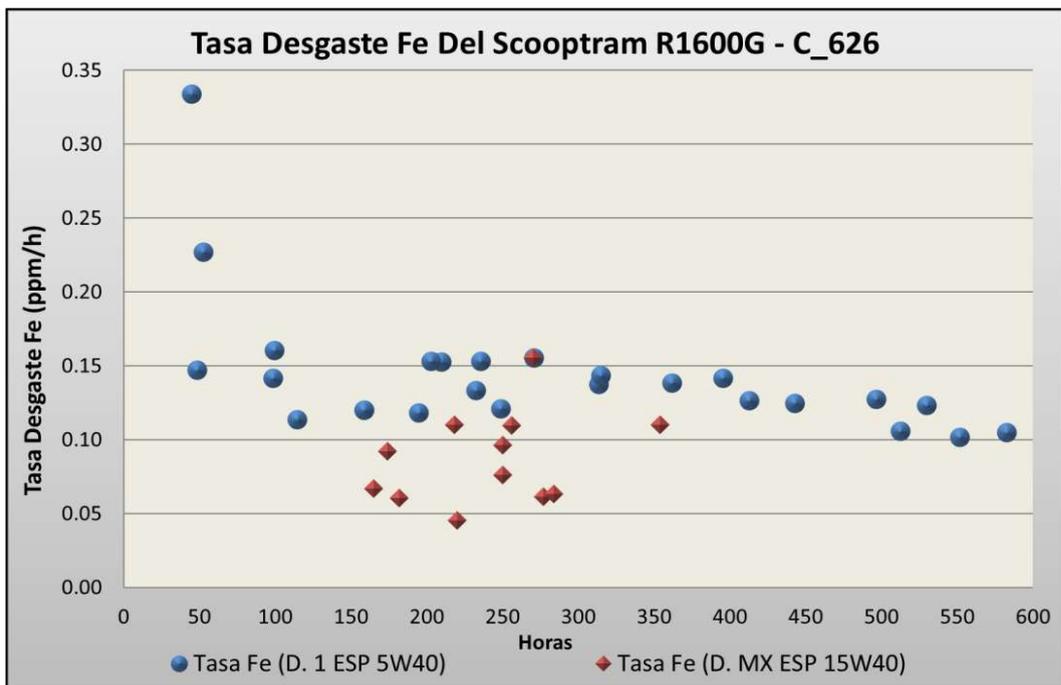
**Tasa Desgaste Fe vs Soot del Scooptram R1600G C626 con respecto al tiempo**



Nota: Confipetrol Andina S.A.

**FIGURA 5.18**

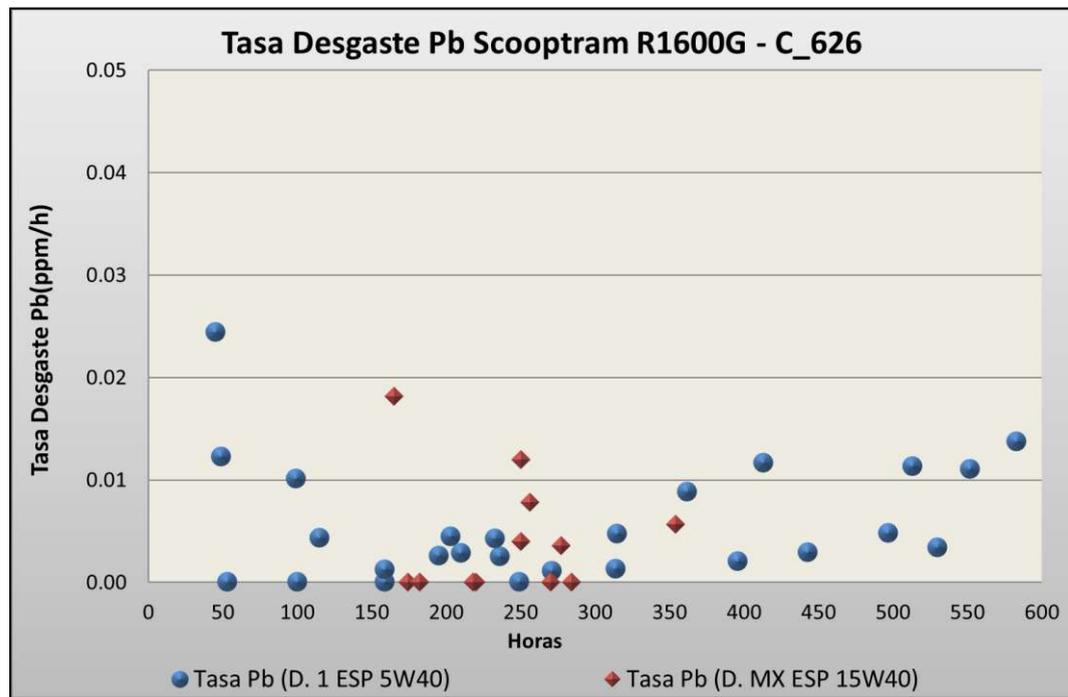
**Tasa Desgaste Fe 5w40 vs 15W40 - Scooptram C626**



Nota: Confipetrol Andina S.A.

FIGURA 5.19

Tasa Desgaste Pb 5w40 vs 15W40 - Scooptram C626



Nota: Confipetrol Andina S.A.

## CONCLUSIONES

1. Se realizó un correcto análisis mediante el método de Jack-Knife, en base a ello detectamos las paradas crónicas y se ha brindado alternativas de solución, como es la inspección periódica semanal y luego mensual, de esta manera se puede programar las reparaciones de las fallas más frecuentes, con ello se podrá reducirlas aún más.
2. En la flota de Scooptrams R1600 (6 yd<sup>3</sup>), mediante el método de Jack-Knife se pudo elevar los indicadores de disponibilidad física en 1.12% (86.12% en la primera mitad del año 2022) respecto a la del año 2021 (85.08%). Mientras que en la flota de Scooptrams R1300 (4 yd<sup>3</sup>) se elevó la disponibilidad en física en 3.58% (86.55% en la primera mitad del año 2022) respecto a la del año 2021 (82.97%).
3. En la flota de Scooptrams de 6 yd<sup>3</sup> se logró incrementar el MTBF (tiempo promedio entre fallas) en 0.1 horas (33.12 horas como promedio en la primera mitad del año 2022) con respecto al año 2021 (33.02 horas). Así mismo, en la flota de Scooptrams de 4 yd<sup>3</sup> el MTBF se logró elevar en 7.87 horas (27.41 horas como promedio en la primera mitad del año 2022) con respecto al año 2021 (35.28 horas).
4. En la flota de Scooptrams de 6 yd<sup>3</sup> se logró reducir el MTTR (tiempo medio para reparar) en 1.08 horas (4.22 horas como promedio en la primera mitad del año 2022) con respecto al año 2021 (5.30 horas). Mientras que en la flota de Scooptram de 4 yd<sup>3</sup> se logró reducir en 2.2 horas (5.09 horas como promedio en la primera mitad del año 2022) con respecto al año 2021 (7.29 horas).

5. Adicionalmente podemos concluir que con el uso del aceite sintético de motor 5W40 se logró incrementar el intervalo de tiempo entre mantenimientos, según el fabricante especifica cada 250 horas, al realizar la migración ahora contamos con un intervalo de 500 horas.

## RECOMENDACIONES

1. Seguir aplicando la metodología del Jack–Knife en todas las flotas, jumbos y diamec para mejorar los indicadores, en este informe se realizó el análisis por flota de Scooptrams 6 yd<sup>3</sup> y Scooptrams de 4 yd<sup>3</sup>, para un mejor cálculo y obtención de mejores resultados se debería aplicar un diagrama por cada equipo.
2. Se debe evitar y tratar de desaparecer las fallas que caen en el cuadrante “grave/crónico”, éstos son los que más perjudican nuestra operación, en este cuadrante tienen más frecuencia de falla y se toma más tiempo en su reparación, lo ideal sería llevar las fallas al cuadrante “leve/poco frecuente” lo cual indicaría poca frecuencia de falla y un bajo tiempo de reparación.
3. Debemos seguir trabajando en tratar de que el MTFB sea lo más largo posible el 2021 que fue de 33.02 horas, proponerse una meta de 34 horas o más, de acuerdo a la realidad y las condiciones de trabajo.
4. El MTTR indica la rapidez con la cual se soluciona una parada, al ser esta menor, los equipos tendrán mayor disponibilidad.
5. Adicionalmente se recomienda cumplir con los mantenimientos programados en la frecuencia indicada, de este modo no se dañarán otros componentes, y evitaremos fallas innecesarias por no haber realizado el mantenimiento en el tiempo establecido.

## REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

- 1) Buelvas Díaz, C. E., & Martínez Figueroa, K. J. (2014). *Elaboración de un Plan de Mantenimiento Preventivo para la maquinaria pesada de la Empresa L&L*. Tesis de Pregrado, Universidad Autónoma del Caribe, Barranquilla.
- 2) Hernández Cruz, V. A. (2010). Plan de Mantenimiento Preventivo para la maquinaria pesada en funcionamiento de la Zona Vial No. 14, Dirección General de Caminos, Salamá, Baja Verapaz. Tesis de Pregrado, Universidad De San Carlos De Guatemala, Guatemala.
- 3) Mora, L. A. (2009). *Mantenimiento - Planeación, ejecución y control*. México: Alfaomega Grupo Editor.
- 4) Cordova, M. (2014). *Como elaborar un diagrama de Jack Knife – Lo Básico*. <https://confiandoenlaingenieria.blogspot.com/2014/01/como-elaborar-un-diagrama-de-jack-knife.html>
- 5) Espinoza M. C. A. (2010). *Metodología de investigación tecnológica pensando en sistemas (1ra edición)*. Huancayo: Imagen Gráfica.
- 6) Espinoza M. C. A. (2014). *Metodología de investigación tecnológica. Pensando en sistemas (Segunda ed.)*. Huancayo, Perú: Soluciones Gráficas S.A.C.
- 7) Contreras, Q. C. (2016). *Plan De Mantenimiento De Equipos De Movimiento De Tierra Por Criticidad Para Tener Maquinas Disponibles En La Municipalidad Provincial De Yauli La Oroya*. Huancayo, Perú: Universidad

- Nacional del Centro del Perú.
- 8) Guerra, H. C. (2017). *Análisis De Modos Y Efecto De Falla En Los Scooptrams De La Empresa Minera Atacocha*. Huancayo, Perú: Universidad Nacional del Centro del Perú.
  - 9) Ramírez, O. J. & Moreno, H. (2017). *Elaboración De Un Análisis De Criticidad Y Disponibilidad Para La Atracción X-Treme Del Parque Mundo Aventura, Tomando Como Referencia Las Normas, SAE JA1011 y SAE JA1012*. Bogotá, Colombia. Universidad Distrital Francisco José De Caldas.
  - 10) Toribio, R. J. (2021). *Metodología De Jack Knife Para Determinar Los Niveles De Criticidad En Sistemas De Jumbos Long Hole – Unidad Minera Yauliyacu*. Huancayo, Perú: Universidad Nacional del Centro del Perú.
  - 11) Pachao Carbajal, J. R. (2022). *Diseño de un plan de mantenimiento preventivo programado para mejorar la disponibilidad y confiabilidad de la flota de camiones 797F en el proyecto operaciones Mina Toquepala de la empresa Ferreyros S. A.* Arequipa, Perú: Universidad Continental.
  - 12) Viña, M. C. (2019). *Aplicación De Jack Knife Y Análisis De Causa Raíz De Una Flota De Palas Electromecánicas Modelo Caterpillar 7495HR De Capacidad 120 TON*. Arequipa, Perú. Universidad Católica de Santa María.
  - 13) Morales, R, S. E. (2017). *Generación Y Desarrollo De Un Plan De Mantenimiento Preventivo En Base A Criticidad, Según Criterios De Estadísticas De Falla En Empresa Química Clariant*. Valparaíso, Chile. Universidad Técnica Federico Santa María.

## **ANEXOS**

**COMPAÑIA MINERA CONDESTABLE**  
MANTENIMIENTO MINA

 Zoom

F.T. SCOOPTRAM | F.T. JUMBO | F.T. DIAMEC | F.T. MANITO, VÍAS | F.T. MANITOU | F.T.G. ELECTROGENO | F.T. COMPRESORA

FICHA TÉCNICA LHD031 C624

---

**INFORMACION BASICA**

CODIGO CMC	C624	INGRESO DE OPERAC.	4/10/2016
COD. PEOPLESOFT	4082	SALIDA DE OPERAC.	
EQUIPO	SCOOPTRAM C-24	OPERACION	CARGUÍO
MARCA	CATERPILLAR	UBICACION	MINA RAÚL
MODELO	R1609G	COSTO INICIAL (USD)	406000
Nro DE SERIE	9YZ09606	CENTRO DE COSTO	921125
AÑO DE FABRICACION	2010		

---

**CONDICION DEL EQUIPO**

ESTADO DEL EQUIPO	OPERATIVO	RESPONSABLE	MAQ. PESADA
IMPORTANCIA CRITICA	14		

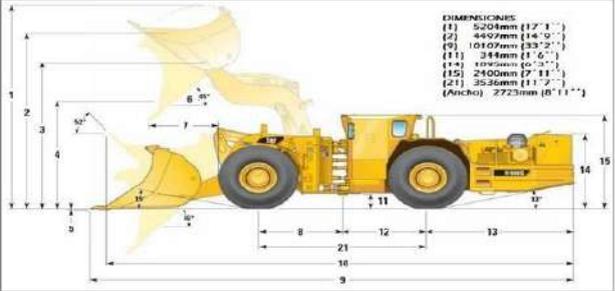
---

**ESPECIFICACIONES TECNICAS**

MOTOR	PESO	LUBRICANTES	NEUMATICA
MODELO CAT 3176C	SIN CARGA (Kg) 29800	MOTOR 15W40	DIMENSION 18.0R25
Nro DE SERIE 72R25693	CON CARGA (Kg) 40000	TRANSMISION HD30	
POTENCIA 185 kW (248 HP)	<b>CUCHARA</b>	T. HIDRAULICO HD10W	
Nro DE CILINDROS 6	CAPACIDAD CUCHARA (YD <sup>3</sup> ) 6.3	DIFERENCIAL HD50	
RPM 2100	CAPACIDAD CARGA (TN) 10.2		

DIMENSIONES	VELOCIDADES	CAPACIDAD DE LIQUIDO
TAMAÑO(mm <sup>3</sup> ) 10,107 x 2,733 x 2,400	1ST MARCHA(Km/h.mph) 5 (3.1)	MOTOR 36.1L (9.5Gal)
RADIO DE CURV EXT (mm) 6638	2ND MARCHA(Km/h.mph) 8.7 (5.4)	TRANSMISION 47L (12.4Gal)
ANGULO DE CURV. 42.5°	3RD MARCHA(Km/h.mph) 15.2 (9.5)	T.HIDRAULICO 125L (33Gal)
PENDIENTE MAXIMA 15°	4TH MARCHA(Km/h.mph) 22.1 (13.7)	DIFERENCIAL 80L (21.1Gal)
		T.COMBUSTIBLE 400L (105.7Gal)
		SIST.ENFRIAMIENTO 53L (14Gal)



**DIMENSIONES**  
(1) 5208mm (17'1")  
(2) 4497mm (14'9")  
(3) 10107mm (33'2")  
(4) 4095mm (13'5")  
(5) 344mm (1'6")  
(6) 10107mm (33'2")  
(7) 2400mm (7'11")  
(8) 3536mm (11'7")  
(Ancho) 2723mm (9'11")

## FICHA TÉCNICA – SCOOPTRAM C624

**COMPAÑIA MINERA CONDESTABLE**  
MANTENIMIENTO MINA

 Zoom

F.T. SCOOPTRAM | F.T. JUMBO | F.T. DIAMEC | F.T. MANITO, VÍAS | F.T. MANITOU | F.T.G. ELECTROGENO | F.T. COMPRESORA

FICHA TÉCNICA LHD032 C625

---

**INFORMACION BASICA**

CODIGO CMC	C625	INGRESO DE OPERAC.	20/02/2016
COD. PEOPLESOFT	4110	SALIDA DE OPERAC.	
EQUIPO	SCOOPTRAM C-25	OPERACION	CARGUÍO
MARCA	CATERPILLAR	UBICACION	MINA RAÚL
MODELO	R1609G	COSTO INICIAL (USD)	460000
Nro DE SERIE	9YZ 00754	CENTRO DE COSTO	921125
AÑO DE FABRICACION	2011		

---

**CONDICION DEL EQUIPO**

ESTADO DEL EQUIPO	OPERATIVO	RESPONSABLE	MAQ. PESADA
IMPORTANCIA CRITICA	14		

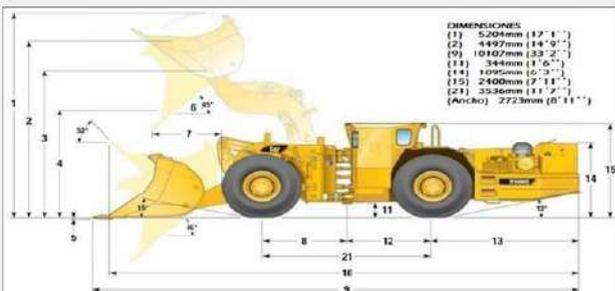
---

**ESPECIFICACIONES TECNICAS**

MOTOR	PESO	LUBRICANTES	NEUMATICA
MODELO CAT 3176	SIN CARGA (Kg) 20950	MOTOR 15W40	DIMENSION 18.0R25
Nro DE SERIE LSD00376	CON CARGA (Kg) 27750	TRANSMISION HD30	
POTENCIA 185 kW (248 HP)	<b>CUCHARA</b>	T. HIDRAULICO HD10W	
Nro DE CILINDROS 6	CAPACIDAD CUCHARA (YD <sup>3</sup> ) 6.3	DIFERENCIAL HD50	
RPM 2200	CAPACIDAD CARGA (TN) 10.2		

DIMENSIONES	VELOCIDADES	CAPACIDAD DE LIQUIDO
TAMAÑO(mm <sup>3</sup> ) 9095 x 2200 x 2100	1ST MARCHA(Km/h.mph) 5 (3.1)	MOTOR 36.1L (9.5Gal)
RADIO DE CURV EXT (mm) 5741	2ND MARCHA(Km/h.mph) 8.7 (5.4)	TRANSMISION 47L (12.4Gal)
ANGULO DE CURV. 42.5°	3RD MARCHA(Km/h.mph) 15.2 (9.5)	T.HIDRAULICO 125L (33Gal)
PENDIENTE MAXIMA 15°	4TH MARCHA(Km/h.mph) 22.1 (13.7)	DIFERENCIAL 80L (21.1Gal)
		T.COMBUSTIBLE 400L (105.7Gal)
		SIST.ENFRIAMIENTO 53L (14Gal)



**DIMENSIONES**  
(1) 5204mm (17'1")  
(2) 4497mm (14'9")  
(3) 10107mm (33'2")  
(4) 4095mm (13'5")  
(5) 344mm (1'6")  
(6) 10107mm (33'2")  
(7) 2400mm (7'11")  
(8) 3536mm (11'7")  
(Ancho) 2723mm (9'11")

## FICHA TÉCNICA – SCOOPTRAM C625

**COMPAÑIA MINERA CONDESTABLE**  
MANTENIMIENTO MINA

 Zoom

F.T. SCOOPTRAM | F.T. LUMBO | F.T. DIAMEC | F.T. MANITO. VÍAS | F.T. MANITOU | F.T.G. ELECTROGENO | F.T. COMPRESORA

FICHA TÉCNICA LHD033 C626

---

**INFORMACION BASICA**

CODIGO CMC	C626	INGRESO DE OPERAC	24/04/2017
COD. PEOPLESOFT	4114	SALIDA DE OPERAC	
EQUIPO	SCOOPTRAM C-26	OPERACION	CARGUIÑO
MARCA	CATERPILLAR	UBICACION	MINA RAÚL
MODELO	R1600G	COSTO INICIAL (USD)	460000
Nro DE SERIE	9Y2 00751	CENTRO DE COSTO	9211127
AÑO DE FABRICACION	2011		

---

**CONDICION DEL EQUIPO**

ESTADO DEL EQUIPO	OPERATIVO	RESPONSABLE	MAQ. PESADA
IMPORTANCIA CRITICA	14		

---

**ESPECIFICACIONES TECNICAS**

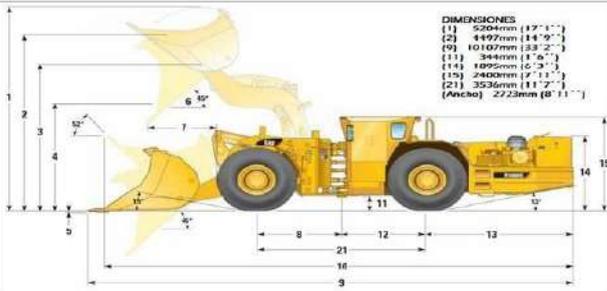
MOTOR	PESO	LUBRICANTES	NEUMATICA
MODELO CAT 3176C	SIN CARGA (Kg) 20950	MOTOR 15W40	DIMENSION 18.0R25
Nro DE SERIE LSD00452	CON CARGA (Kg) 27750	TRANSMISION HD30	
POTENCIA 185 KW (248 HP)	CUCHARA	T. HIDRAULICO HD10W	
Nro DE CILINDROS 6	CAPACIDAD CUCHARA (YDs) 6.3	DIFERENCIAL HD30	
RPM 2200	CAPACIDAD CARGA (TN) 10.2		

DIMENSIONES	VELOCIDADES	CAPACIDAD DE LIQUIDO
TAMAÑO (mm5) 9095 x 2200 x 2100	1ST MARCHA (Km/h, mph) 5 (3.1)	MOTOR 36 IL (9.5Gal)
RADIO DE CURV. EXT (mm) 5741	2ND MARCHA (Km/h, mph) 8.7 (5.4)	TRANSMISION 47L (22.4Gal)
ANGULO DE CURV. 42.5°	3RD MARCHA (Km/h, mph) 15.2 (9.5)	T. HIDRAULICO 125L (33Gal)
PENDIENTE MAXIMA 15°	4TH MARCHA (Km/h, mph) 22.1 (13.7)	DIFERENCIAL 80L (21.1Gal)
		T.COMBUSTIBLE 400L (105.7Gal)
		SIST. ENFRIAMIENTO 53L (14Gal)

**DIMENSIONES**

(1) 5204mm (17'1")  
 (2) 4497mm (14'9")  
 (9) 10107mm (33'2")  
 (11) 344mm (1'1")  
 (14) 1495mm (4'9")  
 (15) 2400mm (7'11")  
 (21) 3536mm (11'7")  
 (Ancho) 2223mm (8'11")



## FICHA TÉCNICA – SCOOPTRAM C626

**COMPAÑIA MINERA CONDESTABLE**  
MANTENIMIENTO MINA

 Zoom

F.T. SCOOPTRAM | F.T. LUMBO | F.T. DIAMEC | F.T. MANITO. VÍAS | F.T. MANITOU | F.T.G. ELECTROGENO | F.T. COMPRESORA

FICHA TÉCNICA LHD034 C627

---

**INFORMACION BASICA**

CODIGO CMC	C627	INGRESO DE OPERAC	15/07/2017
COD. PEOPLESOFT	4132	SALIDA DE OPERAC	
EQUIPO	SCOOPTRAM C-27	OPERACION	CARGUIÑO
MARCA	CATERPILLAR	UBICACION	MINA RAÚL
MODELO	R1600G	COSTO INICIAL (USD)	470000
Nro DE SERIE	9YZ00860	CENTRO DE COSTO	9211128
AÑO DE FABRICACION	2012		

---

**CONDICION DEL EQUIPO**

ESTADO DEL EQUIPO	OPERATIVO	RESPONSABLE	MAQ. PESADA
IMPORTANCIA CRITICA	14		

---

**ESPECIFICACIONES TECNICAS**

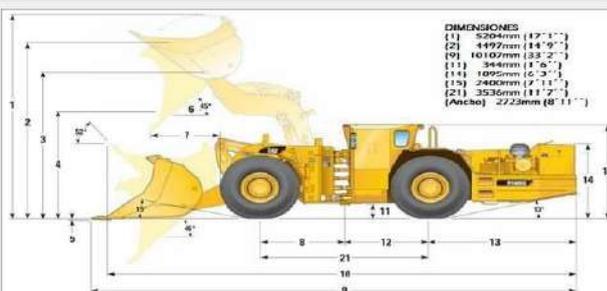
MOTOR	PESO	LUBRICANTES	NEUMATICA
MODELO CAT 3176C	SIN CARGA (Kg) 20950	MOTOR 15W40	DIMENSION 18.0R25
Nro DE SERIE 7ZR26066	CON CARGA (Kg) 27750	TRANSMISION HD30	
POTENCIA 185 KW (248 HP)	CUCHARA	T. HIDRAULICO HD10W	
Nro DE CILINDROS 6	CAPACIDAD CUCHARA (YDs) 6.3	DIFERENCIAL HD30	
RPM 2200	CAPACIDAD CARGA (TN) 10.2		

DIMENSIONES	VELOCIDADES	CAPACIDAD DE LIQUIDO
TAMAÑO (mm5) 9095 x 2200 x 2100	1ST MARCHA (Km/h, mph) 5 (3.1)	MOTOR 36 IL (9.5Gal)
RADIO DE CURV. EXT (mm) 5741	2ND MARCHA (Km/h, mph) 8.7 (5.4)	TRANSMISION 47L (22.4Gal)
ANGULO DE CURV. 42.5°	3RD MARCHA (Km/h, mph) 15.2 (9.5)	T. HIDRAULICO 125L (33Gal)
PENDIENTE MAXIMA 15°	4TH MARCHA (Km/h, mph) 22.1 (13.7)	DIFERENCIAL 80L (21.1Gal)
		T.COMBUSTIBLE 400L (105.7Gal)
		SIST. ENFRIAMIENTO 53L (14Gal)

**DIMENSIONES**

(1) 5204mm (17'1")  
 (2) 4497mm (14'9")  
 (9) 10107mm (33'2")  
 (11) 344mm (1'1")  
 (14) 1495mm (4'9")  
 (15) 2400mm (7'11")  
 (21) 3536mm (11'7")  
 (Ancho) 2223mm (8'11")



## FICHA TÉCNICA – SCOOPTRAM C627

**COMPAÑIA MINERA CONDESTABLE**  
MANTENIMIENTO MINA

 Zoom

F.T. SCOOPTRAM | F.T. JUMBO | F.T. DIAMEC | F.T. MANITTO VÍAS | F.T. MANITOU | F.T.G. ELECTROGENO | F.T. COMPRESORA

FICHA TÉCNICA LHD035 C628

---

**INFORMACION BASICA**

CODIGO CMC	C628	INGRESO DE OPERAC.	18/12/2017
COD. PEOPLESOFT	4172	SALIDA DE OPERAC.	
EQUIPO	SCOOPTRAM C-28	OPERACION	CARGUÍO
MARCA	CATERPILLAR	UBICACION	MINA RAUL
MODELO	R1600G	COSTO INICIAL (USD)	422804.62
Nro DE SERIE	9YZ00670	CENTRO DE COSTO	9211129
AÑO DE FABRICACION	2010		

---

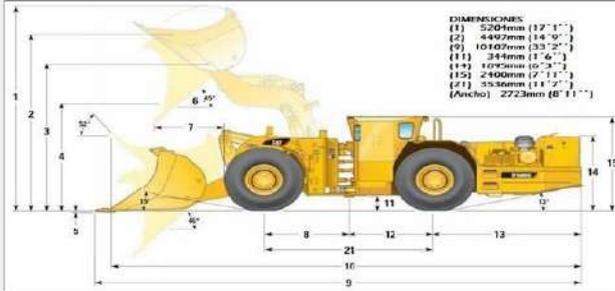
**CONDICION DEL EQUIPO**

ESTADO DEL EQUIPO	OPERATIVO	RESPONSABLE	MAQ PESADA
IMPORTANCIA CRITICA	14		

---

**ESPECIFICACIONES TÉCNICAS**

MOTOR		PESO		LUBRICANTES		NEUMATICA	
MODELO	CAT 3176C	SIN CARGA (Kg)	20950	MOTOR	15W40	DIMENSION	18.0R25
Nro DE SERIE	LSD00496	CON CARGA (Kg)	27750	TRANSMISION	HD50		
POTENCIA	185 KW (248 HP)	<b>CUCHARA</b>		T. HIDRAULICO	HD10W		
Nro DE CILINDROS	6	CAPACIDAD CUCHARA (YDs)	6.3	DIFERENCIAL	HD50		
RPM	2200	CAPACIDAD CARGA (TN)	10.2				
<b>DIMENSIONES</b>		<b>VELOCIDADES</b>		<b>CAPACIDAD DE LIQUIDO</b>			
TAMAÑO (mm3)	9095 x 2200 x 2100	1ST MARCHA (Km/h.mph)	5 (3.1)	MOTOR	36.1L (9.5Gal)	DIFERENCIAL	80L (21.0Gal)
RADIO DE CURV.EXT (mm)	5741	2ND MARCHA (Km/h.mph)	8.7 (5.4)	TRANSMISION	47L (22.4Gal)	T.COMBUSTIBLE	400L (105.7Gal)
ANGULO DE CURV.	42.5°	3RD MARCHA (Km/h.mph)	15.2 (9.5)	T.HIDRAULICO	125L (33Gal)	SIST. ENFRIAMIENTO	53L (14Gal)
PENDIENTE MAXIMA	15°	4TH MARCHA (Km/h.mph)	22.1 (13.7)				



**DIMENSIONES:**  
 (1) 5204mm (17'1")  
 (2) 4497mm (14'9")  
 (3) 10107mm (33'2")  
 (4) 344mm (1'1")  
 (5) 1095mm (3'6")  
 (6) 2400mm (7'11")  
 (7) 3536mm (11'7")  
 (Ancho) 2723mm (8'11")

### FICHA TÉCNICA – SCOOPTRAM C628

**COMPAÑIA MINERA CONDESTABLE**  
MANTENIMIENTO MINA

 Zoom

F.T. SCOOPTRAM | F.T. JUMBO | F.T. DIAMEC | F.T. MANITTO VÍAS | F.T. MANITOU | F.T.G. ELECTROGENO | F.T. COMPRESORA

FICHA TÉCNICA LHD036 C629

---

**INFORMACION BASICA**

CODIGO CMC	C629	INGRESO DE OPERAC.	3/06/2018
COD. PEOPLESOFT		SALIDA DE OPERAC.	
EQUIPO	SCOOPTRAM C-29	OPERACION	CARGUÍO
MARCA	CATERPILLAR	UBICACION	MINA RAUL
MODELO	R1600H	COSTO INICIAL (USD)	
Nro DE SERIE	9SD00365	CENTRO DE COSTO	9211130
AÑO DE FABRICACION	2018		

---

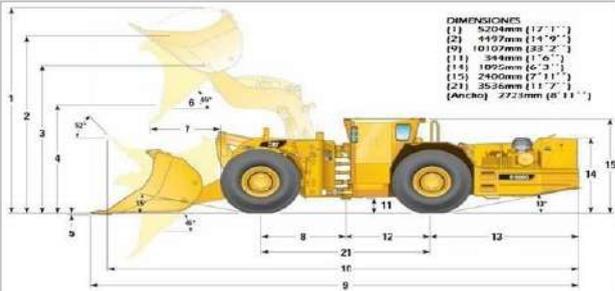
**CONDICION DEL EQUIPO**

ESTADO DEL EQUIPO	OPERATIVO	RESPONSABLE	MAQ PESADA
IMPORTANCIA CRITICA	14		

---

**ESPECIFICACIONES TÉCNICAS**

MOTOR		PESO		LUBRICANTES		NEUMATICA	
MODELO	CAT C11	SIN CARGA (Kg)	20950	MOTOR	15W40	DIMENSION	18.0R25
Nro DE SERIE	TXE13273	CON CARGA (Kg)	27750	TRANSMISION	HD50		
POTENCIA	208 KW (279 HP)	<b>CUCHARA</b>		T. HIDRAULICO	HD10W		
Nro DE CILINDROS	6	CAPACIDAD CUCHARA (YDs)	6.3	DIFERENCIAL	HD50		
RPM	1800	CAPACIDAD CARGA (TN)	10.2				
<b>DIMENSIONES</b>		<b>VELOCIDADES</b>		<b>CAPACIDAD DE LIQUIDO</b>			
TAMAÑO (mm3)	9095 x 2200 x 2100	1ST MARCHA (Km/h.mph)	5 (3.1)	MOTOR	36.1L (9.5Gal)	DIFERENCIAL	80L (21.0Gal)
RADIO DE CURV.EXT (mm)	5741	2ND MARCHA (Km/h.mph)	8.7 (5.4)	TRANSMISION	47L (22.4Gal)	T.COMBUSTIBLE	400L (105.7Gal)
ANGULO DE CURV.	42.5°	3RD MARCHA (Km/h.mph)	15.2 (9.5)	T.HIDRAULICO	125L (33Gal)	SIST. ENFRIAMIENTO	53L (14Gal)
PENDIENTE MAXIMA	15°	4TH MARCHA (Km/h.mph)	22.1 (13.7)				



**DIMENSIONES:**  
 (1) 5204mm (17'1")  
 (2) 4497mm (14'9")  
 (3) 10107mm (33'2")  
 (4) 344mm (1'1")  
 (5) 1095mm (3'6")  
 (6) 2400mm (7'11")  
 (7) 3536mm (11'7")  
 (Ancho) 2723mm (8'11")

### FICHA TÉCNICA – SCOOPTRAM C629

**COMPAÑIA MINERA CONDESTABLE**  
MANTENIMIENTO MINA

Zoom

F.T. SCOOPTRAM | F.T. JUMBO | F.T. DIAMEC | F.T. MANTTO. VÍAS | F.T. MANTTOU | F.T.G. ELECTROGENO | F.T. COMPRESORA

FICHA TÉCNICA LHD037 C630

---

**INFORMACION BASICA**

CODIGO CMC	C630	INGRESO DE OPERAC.	3/06/2018
COD. PEOPLESOFT		SALIDA DE OPERAC.	
EQUIPO	SCOOPTRAM C-30	OPERACION	CARGUÍO
MARCA	CATERPILLAR	UBICACION	MINA RAÚL
MODELO	R1600H	COSTO INICIAL (USD)	
Nro DE SERIE	9SD00362	CENTRO DE COSTO	9211131
AÑO DE FABRICACION	2018		

---

**CONDICION DEL EQUIPO**

ESTADO DEL EQUIPO	OPERATIVO	RESPONSABLE	MAQ. PESADA
IMPORTANCIA CRITICA	14		

---

**ESPECIFICACIONES TECNICAS**

<b>MOTOR</b>	<b>PESO</b>	<b>LUBRICANTES</b>	<b>NEUMATICA</b>				
MODELO	CAT C11	SIN CARGA (Kg)	20950	MOTOR	15W40	DIMENSION	18.0R25
Nro DE SERIE	TXE13324	CON CARGA (Kg)	27750	TRANSMISION	HD30		
POTENCIA	208 KW (279 HP)	<b>CUCHARA</b>		T. HIDRAULICO	HD10W		
Nro DE CILINDROS	6	CAPACIDAD CUCHARA (YD)	6.3	DIFERENCIAL	HD30		
RPM	1800	CAPACIDAD CARGA (TN)	10.2				
<b>DIMENSIONES</b>	<b>VELOCIDADES</b>	<b>CAPACIDAD DE LIQUIDO</b>					
TAMAÑO (mm3)	9095 x 2200 x 2100	1ST MARCHA (Km/h/mph)	5 (3.1)	MOTOR	36.1L (9.5Gal)	DIFERENCIAL	80L (21.1Gal)
RADIO DE CURV.EXT (mm)	5741	2ND MARCHA (Km/h/mph)	8.7 (5.4)	TRANSMISION	47L (22.4Gal)	T.COMBUSTIBLE	400L (105.7Gal)
ANGULO DE CURV.	42.5°	3RD MARCHA (Km/h/mph)	15.2 (9.5)	T.HIDRAULICO	125L (33Gal)	SIST. ENFRIAMIENTO	33L (14Gal)
PENDIENTE MAXIMA	15°	+TH MARCHA (Km/h/mph)	22.1 (13.7)				

**DIMENSIONES**  
 (1) 5203mm (17'-1")  
 (2) 4497mm (14'-9")  
 (3) 10107mm (33'-2")  
 (4) 2848mm (9'-4")  
 (5) 10925mm (35'-9")  
 (6) 2662mm (8'-9")  
 (7) 3536mm (11'-7")  
 (Ancho) 2723mm (9'-0")

## FICHA TÉCNICA – SCOOPTRAM C630

**COMPAÑIA MINERA CONDESTABLE**  
MANTENIMIENTO MINA

Zoom

F.T. SCOOPTRAM | F.T. JUMBO | F.T. DIAMEC | F.T. MANTTO. VÍAS | F.T. MANTTOU | F.T.G. ELECTROGENO | F.T. COMPRESORA

FICHA TÉCNICA LHD026 C419

---

**INFORMACION BASICA**

CODIGO CMC	C419	INGRESO DE OPERAC.	24/04/2013
COD. PEOPLESOFT	3812	SALIDA DE OPERAC.	
EQUIPO	SCOOPTRAM C-19	OPERACION	CARGUÍO
MARCA	CATERPILLAR	UBICACION	MINA RAÚL
MODELO	R1190G	COSTO INICIAL (USD)	489000
Nro DE SERIE	LJB01650	CENTRO DE COSTO	9211119
AÑO DE FABRICACION	2013		

---

**CONDICION DEL EQUIPO**

ESTADO DEL EQUIPO	OPERATIVO	RESPONSABLE	MAQ. PESADA
IMPORTANCIA CRITICA	14		

---

**ESPECIFICACIONES TECNICAS**

<b>MOTOR</b>	<b>PESO</b>	<b>LUBRICANTES</b>	<b>NEUMATICA</b>				
MODELO	CAT 3306	SIN CARGA (Kg)	20950	MOTOR	15W40	DIMENSION	17.3R25
Nro DE SERIE	R6102742	CON CARGA (Kg)	27750	TRANSMISION	HD30		
POTENCIA	123 KW (165 HP)	<b>CUCHARA</b>		T. HIDRAULICO	HD10W		
Nro DE CILINDROS	6	CAPACIDAD CUCHARA (YD)	4.1	DIFERENCIAL	HD50		
RPM	2200	CAPACIDAD CARGA (TN)	6.8				
<b>DIMENSIONES</b>	<b>VELOCIDADES</b>	<b>CAPACIDAD DE LIQUIDO</b>					
TAMAÑO (mm3)	9,107 x 2,318 x 2,120	1ST MARCHA (Km/h/mph)	5 (3.1)	MOTOR	25L (6.6 Gal)	DIFERENCIAL	38L (10Gal) / 42L (11.1Gal)
RADIO DE CURV.EXT (mm)	5741	2ND MARCHA (Km/h/mph)	9 (5.6)	TRANSMISION	45L (11.9Gal)	T.COMBUSTIBLE	291L (77.9Gal)
ANGULO DE CURV.	42.5°	3RD MARCHA (Km/h/mph)	17 (10.6)	T.HIDRAULICO	88L (23.2Gal)	SIST. ENFRIAMIENTO	67L (17.7Gal)
PENDIENTE MAXIMA	15°	+TH MARCHA (Km/h/mph)	24 (14.9)				

**DIMENSIONES**  
 (1) 4302mm (14'-1")  
 (2) 3533mm (11'-7")  
 (3) 9102mm (29'-10")  
 (4) 3228mm (10'-7")  
 (5) 18275mm (59'-11")  
 (6) 2120mm (6'-11")  
 (7) 3050mm (10'-0")  
 (Ancho) 2316mm (7'-7")

## FICHA TÉCNICA – SCOOPTRAM C419

**COMPAÑIA MINERA CONDESTABLE**  
MANTENIMIENTO MINA

**CAT**

F.T. SCOOPTRAM | F.T. JUMBO | F.T. DIAMEC | F.T. MANITTO, VÍAS | F.T. MANITOU | F.T.G. ELECTROGENO | F.T. COMPRESORA

FICHA TÉCNICA **C431**

### INFORMACION BASICA

CODIGO CMC	C431	INGRESO DE OPERAC.	15/09/2018
COD. PEOPLESOFT		SALIDA DE OPERAC.	
EQUIPO	SCOOPTRAM C-31	OPERACION	CARGUIO
MARCA	CATERPILLAR	UBICACION	MINA RAÚL
MODELO	R1300G	COSTO INICIAL (USD)	
Nro DE SERIE	LJB 01270	CENTRO DE COSTO	9211132
AÑO DE FABRICACION	2007		

### CONDICION DEL EQUIPO

ESTADO DEL EQUIPO	OPERATIVO	RESPONSABLE	MAQ. PESADA
IMPORTANCIA CRITICA	14		

### ESPECIFICACIONES TECNICAS

MOTOR		PESO		LUBRICANTES		NEUMATICA	
MODELO	CAT 3306	SIN CARGA (Kg)		MOTOR	15W40	DIMENSION	17.5R25
Nro DE SERIE	10249685	CON CARGA (Kg)		TRANSMISION	HD30		
POTENCIA	123 KW (165 HP)	<b>CUCHARA</b>		T. HIDRAULICO	HD10W		
Nro DE CILINDROS	6	CAPACIDAD CUCHARA (YDs)	4.4	DIFERENCIAL	HD50		
RPM	2200	CAPACIDAD CARGA (TN)					
DIMENSIONES		VELOCIDADES		CAPACIDAD DE LIQUIDO			
TAMAÑO(mm3)	9,107 x 2,318 x 2,120	1ST MARCHA(Km/h.mph)	5 (3.1)	MOTOR	25L (6.6Gal)	DIFERENCIAL	38L (10Gal) / 42L (11.1Gal)
RADIO DE CURV.EXT (mm)	5741	2ND MARCHA(Km/h.mph)	9 (5.6)	TRANSMISION	45L (11.9Gal)	T.COMBUSTIBLE	295L (77.9Gal)
ANGULO DE CURV.	42.5°	3RD MARCHA(Km/h.mph)	17 (10.6)	T.HIDRAULICO	88L (23.2Gal)	SIST. ENFRIAMIENTO	67L (17.7Gal)
PENDIENTE MAXIMA	15°	4TH MARCHA(Km/h.mph)	24 (14.9)				

## FICHA TÉCNICA – SCOOPTRAM C431

**COMPAÑIA MINERA CONDESTABLE**  
MANTENIMIENTO MINA

**CAT**

F.T. SCOOPTRAM | F.T. JUMBO | F.T. DIAMEC | F.T. MANITTO, VÍAS | F.T. MANITOU | F.T.G. ELECTROGENO | F.T. COMPRESORA

FICHA TÉCNICA **LHD041**

### INFORMACION BASICA

CODIGO CMC	C609	INGRESO DE OPERAC.	13/05/2019
COD. PEOPLESOFT	3192	SALIDA DE OPERAC.	
EQUIPO	SCOOPTRAM C-9	OPERACION	CARGUIO
MARCA	CATERPILLAR	UBICACION	MINA RAÚL
MODELO	R1600G	COSTO INICIAL (USD)	
Nro DE SERIE	9YZ 00612	CENTRO DE COSTO	9211109
AÑO DE FABRICACION	2019		

### CONDICION DEL EQUIPO

ESTADO DEL EQUIPO	OPERATIVO	RESPONSABLE	MAQ. PESADA
IMPORTANCIA CRITICA	14		

### ESPECIFICACIONES TECNICAS

MOTOR		PESO		LUBRICANTES		NEUMATICA	
MODELO	CAT C11	SIN CARGA (Kg)	29800	MOTOR	15W40	DIMENSION	18.0R25
Nro DE SERIE	TXE13841	CON CARGA (Kg)	40000	TRANSMISION	HD30		
POTENCIA	208 KW (279 HP)	<b>CUCHARA</b>		T. HIDRAULICO	HD10W		
Nro DE CILINDROS	6	CAPACIDAD CUCHARA (YDs)	6.5	DIFERENCIAL	HD30		
RPM	2300	CAPACIDAD CARGA (TN)	10.2				
DIMENSIONES		VELOCIDADES		CAPACIDAD DE LIQUIDO			
TAMAÑO(mm3)	10,107 x 2,723 x 2,400	1ST MARCHA(Km/h.mph)	5 (3.1)	MOTOR	36 IL (9.5Gal)	DIFERENCIAL	80L (21.1Gal)
RADIO DE CURV.EXT (mm)	6638	2ND MARCHA(Km/h.mph)	8.7 (5.4)	TRANSMISION	47L (12.4Gal)	T.COMBUSTIBLE	400L (105.7Gal)
ANGULO DE CURV.	42.5°	3RD MARCHA(Km/h.mph)	15.2 (9.5)	T.HIDRAULICO	125L (33Gal)	SIST. ENFRIAMIENTO	53L (14Gal)
PENDIENTE MAXIMA	15°	4TH MARCHA(Km/h.mph)	22.1 (13.7)				
OSCIL. EJE TRASERO	10°						

Creado by R.S.L.

## FICHA TÉCNICA – SCOOPTRAM C609



**SCOOPTRAM C 626 – TALLER SUPERFICIE**



**SCOOPTRAM C 627 – TALLER INTERIOR MINA**